



Juuso Linna

## **Kustannustehokkaan konseptikerrostalon suunnitteluratkaisut**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 2.4.2018

Valvoja: Apulaisprofessori Antti Peltokorpi

Ohjaaja: Arkkitehti Tuomo Siitonen

---

**Tekijä** Juuso Linna

---

**Työn nimi** Kustannustehokkaan konseptikerrostalon suunnitteluratkaisut

---

**Koulutusohjelma** Building technology

---

**Pää-/sivuaine** Construction management

**Koodi** Eng27

---

**Työn valvoja** Apulaisprofessori Antti Peltokorpi

---

**Työn ohjaaja(t)** Arkkitehti Tuomo Siitonen

---

**Päivämäärä** 2.4.2018

**Sivumäärä** 95 + 3 s.

**Kieli** Suomi

---

### Tiivistelmä

Rakentamisen kustannusten nousu on ollut laajalti esillä nykypäivän uutisoinnissa. Rakentamisen vilkkaus on aiheuttanut resurssivajasta sekä rakennusmateriaalien hintojen nousua, joka vaikuttaa suoraan rakentamisen ja sen lopputuotteiden kustannuksiin. Tämän myötä useat rakennusyritykset ovat luoneet asuinrakentamisen konsepteja, joissa vakioitujen toimitussisällön avulla pyritään kustannustehokkaaseen tuotantoon ja vastaamaan markkinoiden kysyntään kohtuuhintaisia asuntoja kohtaan.

Vakioitujen konseptien hyödyntäminen parantaa osaltaan rakentamisen kustannustehokkuutta, mutta kustannuksiin vaikuttavat myös monet muut asiat hankkeen aikana. Työn tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat kustannuksien muodostumiseen. Työssä selvitetään myös, mitkä keinot tukevat rakentamisen kustannustehokkuutta ja tuotannon kehittymistä sekä mitkä suunnitteluratkaisut mahdollistavat kustannustehokkaan asuinkerrostalon rakentamisen.

Tutkimuksen teoreettisessa osuudessa käsitellään asuinrakennushankkeen kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ja luodaan katsaus talonrakentamisen prosessiin. Kirjallisuuskatsauksessa nostetaan esille kolme asuinrakentamisessa kustannustehokkuutta tukevaa aihealuetta, joita ovat konseptirakentaminen, teolliset rakennusprosessit sekä Lean-rakentaminen. Tutkimuksen empiirinen osuus toteutettiin tapaustutkimuksena koskien kohdeyritys SSR Uusimaa Oy:n Max koti-konseptikerrostaloa ja talon suunnitteluratkaisujen kustannusvertailua. Tutkimuksessa vertailtiin eri julkisivu- ja parvekevaihtoehtoja, välipohjaratkaisuja, kerrosmäärän kasvattamisen vaikutusta kustannuksiin, konseptin pohjaratkaisun muutosta sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmiä. Tutkimuksen pohjalta on luotu ehdotus konseptitalon kustannustehokkaista suunnitteluratkaisuista. Tämän lisäksi työssä luotiin toimenpide-ehdotus konseptin toteutusta varten.

Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että rakentamisen kustannuksiin voidaan tehokkaasti vaikuttaa usealla eri osa-alueella ja konseptirakentaminen osaltaan tukee kustannustehokkuuden toteutumista asuinrakennuksissa. Konseptien kustannustehokkuutta voidaan tukea käyttämällä teollisia rakennusprosesseja sekä Lean-rakentamisen ideologiaa. Tapaustutkimus osoittaa, että konseptin suunnitteluratkaisujen valinnalla voidaan vaikuttaa ratkaisevasti rakentamisen kustannuksiin. Konseptirakentamisen kustannustehokkuuden saavuttamisessa keskeisessä roolissa on myös osapuolten yhteistyö, jatkuva oppiminen sekä toistuvuus.

---

**Avainsanat** Konseptirakentaminen, kustannustehokkuus, teolliset rakennusprosessit, Lean-rakentaminen

---



---

**Author** Juuso Linna

---

**Title of thesis** The design solutions of a cost-efficient apartment building concept

---

**Degree programme** Building technology

---

**Major/minor** Construction management

**Code** Eng27

---

**Thesis supervisor** Assistant professor Antti Peltokorpi

---

**Thesis advisor(s)** Architect Tuomo Siitonen

---

**Date** 2.4.2018

**Number of pages** 95 + 3 p.

**Language** Finnish

---

### **Abstract**

The rise of the construction costs has been widely figured in nowadays news. The large number of construction projects has caused resource shortages and rise of the material prices which affects directly to the costs of the end products. Because of this, many construction companies have started to build apartment building concepts to respond to the need of reasonably priced apartments in the housing market.

The use of standardized concepts in construction supports the cost efficiency of the housing production like many other things along the whole construction process. The aim of this master's thesis is to determine where the costs of the construction comes from and what factors affect it. This research also determines which factors and design solutions support the cost efficiency and development of the housing industry.

The theoretical part of the thesis handles the factors that affect the construction costs and it also reviews the construction process of an apartment building. The literature survey points out three subjects that support the cost-efficient construction, which are the concept construction, industrial construction processes and Lean-construction. The empirical part is done as a case study for SSR Uusimaa Oy's Max koti-apartment building concept. The case study compares the costs and features of different façade- and balcony solutions, floor structures, the change of the number of floors, the floor design changes and ventilation- and heating system solutions. On the grounds of the case study, a proposal of the most cost-efficient design solutions for the concept was made. In addition, an action proposal for the implementation of the concept was made for the case company.

On the grounds of this thesis, we can say that the costs of the construction can be effectively inflected, and concept construction supports the cost-effectiveness of apartment buildings. The cost efficiency of concept buildings can be improved by using industrial construction processes and the ideology of Lean-construction. The case study shows that with wise choice of design solutions, the costs of a concept building can be conclusively affected. To achieve cost-efficiency in concept construction, it is important to foster the collaboration of project parties, continuous learning and the repetitiveness of processes.

---

**Keywords** Concept construction, cost efficiency, industrial construction, Lean-construction

---

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Sisällysluettelo .....	1
Lyhenteet ja käsitteet.....	2
1 Johdanto .....	3
1.1 Tutkimuksen tausta.....	3
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus.....	4
1.3 Työn rakenne .....	5
2 Rakennushankkeen kustannustehokkuus ja tuotantokonseptit .....	7
2.1 Asuinrakennushankkeen kustannuksiin vaikuttavat tekijät.....	7
2.1.1 Tilaohjelmien ominaisuudet.....	9
2.1.2 Olosuhteet rakennuspaikalla, määräysten ja kaavoituksen vaikutus kustannuksiin .....	10
2.1.3 Suunnittelu- ja tuotantoratkaisut .....	12
2.1.4 Hankkeen toteuttamismuoto ja -aikataulu.....	14
2.1.5 Suhdanne- ja hintatekijät.....	15
2.2 Talonrakentamisen prosessi .....	16
2.3 Konseptirakentaminen .....	22
2.3.1 Konseptit ja konseptointi .....	22
2.3.2 Tuotteistaminen.....	25
2.3.3 Asuinrakentamisen konseptit .....	26
2.4 Teolliset rakennusprosessit ja modulaarinen rakentaminen .....	29
2.5 Lean-rakentaminen .....	35
2.6 Yhteenveto rakennushankkeen kustannustehokkuudesta ja konseptirakentamisesta .....	42
3 Tapaustutkimus kerrostalokonseptista .....	47
3.1 Aineisto ja tutkimusmenetelmät .....	47
3.2 Max koti-kerrostalokonsepti.....	49
3.2.1 Yleistä .....	49
3.2.2 Konseptin perusratkaisu ja vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut .....	51
3.3 Suunnitteluratkaisujen vaikutus .....	53
3.3.1 Julkisivut ja parvekkeet.....	53
3.3.2 Välipohjaratkaisut .....	59
3.3.3 Kerrosmäärä .....	64
3.3.4 Pohjaratkaisut .....	68
3.3.5 Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä.....	70
3.4 Yhteenveto tapaustutkimuksesta .....	73
4 Pohdinta ja johtopäätökset .....	78
4.1 Tulokset suhteessa aikaisempiin tutkimuksiin .....	80
4.2 Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelu.....	84
4.3 Toimenpide-ehdotukset .....	85
4.4 Johtopäätökset .....	87
Lähdeluettelo.....	89
Liiteluettelo .....	95
Liitteet	

## Lyhenteet ja käsitteet

5S	Lean-menetelmä järjestäytyneisyyden ja läpinäkyvyyden parantamiseen. Sort (lajittele), Set in order (järjestä), Shine (puhdistaa), Standardize (standardoi), Sustain (ylläpidä).
Aluetehokkuus	Ilmaisee rakennusten kokonaispinta-alan suhteessa maa-alueen pinta-alaan. Kuvaa kaavoitetun alueen rakentamistiheyttä.
asm2	Asuintilojen ala neliömetreinä, siihen lasketaan mukaan kaikki rakennuksen jatkuvaan asumiskäyttöön tarkoitettut tilat.
brm2	Bruttoala neliömetreinä, kuvaa koko rakennuksen laajuutta, lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen summana.
hym2	Hyötyala neliömetreinä, kuvaa tilaohjelmaan kuuluvien tilojen laajuutta. Hyötyalan ulkopuolelle jäävät yleensä käytävät, portaat, porrashuoneet, tuulikaapit, aulat, sekä teknisiä järjestelmiä palvelevat tilat, kuten ilmanvaihtokonehuone ja lämmönjakuhuone.
JIT	Just in Time, täsmätoimitus.
Littera	Määrä- ja kustannuslaskennassa käytettävä kustannuksien kohdistamisen nimike.
LPDS	Lean Project Delivery System, jatkuvan parantamisen sekä projektitoimituksen kehittämisen kokonaisuus.
LPS	Last Planner System, rakentamisen tuotannon ohjauksen menetelmä.
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö.
PDCA	Plan (suunnittele), Do (toteuta), Check (tarkasta), Act (reagoi).
TFV	Transformation (muuntaminen), Flow (virtaus), Value generation (arvon tuottaminen).
TPS	Toyota Production System, Toyotan kehittämä ja käyttämä tuotantoprosessi, joka perustuu Lean-ajatteluun.
TTP	Tehtävien toteutumaprosentti.

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Rakentamisen kustannukset ja niiden nousu on ollut vahvasti esillä nykypäivän uutisoinnissa. Rakentamisen volyymin voimakas nousu on johtanut rakennusalan tuotantokapasiteetin lähes täyskäyttöön, jopa resurssipulaan sekä rakennusmateriaalien hintojen nousuun. Mölsä (2017) toteaa artikkelissaan, että rakennusalan vilkkaudesta johtuen, varsinkin asuntorakentamisen tuotteista on alkanut syntyä pulaa, mikä näkyy rakennustuotteiden voimakkaana hintojen nousuna. Artikkelissa nostetaan esille esimerkiksi teräsrakenteiden ja betonielementtien radikaali hintojen nousu. Rakentamisen kustannusten nousu aiheuttaa vääjäämättä myös asuntojen hintojen nousupaineen, joka taas osaltaan laskee kuluttajien kiinnostusta asuntoja kohtaan. Rakentamisen kustannuksiin kuitenkin vaikuttavat monet asiat kuten suunnitteluun käytetyt resurssit sekä tuotannossa käytetyt menetelmät ja tuotannon aikana toteutetut ratkaisut. Tämän myötä voidaan sanoa, että rakentamisesta syntyviin kustannuksiin pystytään vaikuttamaan monella eri osa-alueella.

Rakennusala on myös nähty varsin tuottamattomana alana verrattaessa muihin aloihin, joiden tuottavuus on ajan saatossa ja teknologian kehittyessä parantunut selkeästi rakennusalaan enemmän (Picard 2000). Rakennusosalalla on kuitenkin monia kehitettäviä osa-alueita, joita tehostamalla saadaan rakentamisen tuottavuutta paremmaksi ja kustannuksia karsittua. Rakentamisen kustannusten hallintaan ja edukkaampien lopputuotteiden tarjoamiseen kuluttajille on etsitty keinoja, joista konseptirakentaminen ja siihen liittyvät tuotannon tehostustoimet ovat herättäneet kiinnostusta rakennusyritysten keskuudessa.

Rakennusala on usein verrattu autoteollisuuteen, joka on Lean-ideologian myötä pystynyt vähentämään tuotannossa syntyvää hukkaa ja pienentämään tuotantoprosessien läpimenoaikaa tehokkaasti. Rakennuslehden artikkelissa ”Asuntoja haluttaisiin tehdä konseptoidusti ja edullisesti kuin autoja”, (Mölsä 2017) todetaan, että autoteollisuuden tapaan, myös asuntoja pystytään rakentamaan teollisten prosessien avulla laadukkaasti, tehokkaasti ja edullisesti. Useat Suomessa toimivat rakennusliikkeet kuten Skanska, Lehto Group sekä YIT ovat osoittaneetkin kiinnostuksensa tähän tuomalla markkinoille omia asuinrakennuskonseptejaan. Asuinrakennuskonsepteilla, yritykset pyrkivät vastaamaan kuluttajien tarpeeseen yksilöllisten asuntojen tuottamiseen kustannustehokkaasti. Pirinen (2015) toteaa artikkelissaan, että markkinoilla olevien tuotteistettujen asuntokonseptien taustalla on rakennuttajien pyrkimys tuottaa arvoa asukkaille erilaistamalla asuntotarjontaa. Yleisesti tavoitteesta hakea arvoa tuotteiden vakioimisesta ja monistettavuuden mahdollistamisesta aiheutuu ristiriitatilanne kuluttajien arvomaailman kanssa, jotka arvostavat asumisessa yhä enemmän yksilöllisyyttä ja personoitavuutta. Konseptirakentaminen pyrkii vastaamaan juuri tähän ristiriitatilanteeseen. Tuotteistamisen keinoista massaräätälöinti tarjoaa ratkaisun tuotannon monistettavuudelle ja kuluttajien kannalta tärkeille yksilöllisille ja ennalta räätälöidyille asunnoille.

Konseptituotteen luomisessa on tärkeää, että tuotesuunnittelu suoritetaan perusteellisesti. Konseptisuunnittelu valmistaa yritystä tuleviin ratkaisuihin tunnistamalla ja arvioimalla eri vaihtoehtoja, joita tuotteen tuotannossa ja markkinoinnissa voidaan käyttää. Myös asuinrakentamisen konsepteissa on tärkeää suorittaa kyseinen esisuunnittelutyö huolellisesti. Sen avulla varmistetaan lopputuotteen tuotannon ja ominaisuuksien vastaaminen vallitsevaan kysyntään markkinoilla, sillä esimerkiksi kuluttajien asuntojen hankinnassa

tärkeimpiä kriteereitä ovat asunnon ominaisuuksien sopivuus asukkaan tarpeisiin sekä asunnon hinta, joka on suoraan yhteydessä rakennuksen tuotantokustannuksiin. Konseptirakentaminen liittyy aina keskeisesti rakennusliikkeeseen, joka on konseptia luomassa sekä heidän omiin kehityshankkeisiinsa.

Konseptirakentaminen on yleistä, mutta tietoa eri suunnitteluratkaisujen vaikutuksista rakentamisen kustannuksiin etenkin saman rakennushankkeen sisällä ei ole riittävästi. Esimerkiksi tutkimukset, kuten Pitkäsen (2009) tekemä tutkimus ”Asuinkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkasteluja” on toteutettu Taku-laskentaohjelmalla fiktiivisen esimerkkitalon perusteella. Vihisen (2017) tekemä diplomityö ”Suunnitteluratkaisujen taloudellisuuden arviointi omaperustaisessa asuntotuotannossa” käsittelee suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutuksia toteutuneiden kohteiden kustannuksien perusteella. Tämän myötä on syntynyt tarve, että yksittäisen rakennushankkeen suunnitteluratkaisujen vaikutukset kustannuksiin selvitetään. Tämä diplomityö selvittää eri suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutukset konseptiasuinkerrostalon toteutuksessa sekä tutkii, mitkä tekijät vaikuttavat yleisesti rakennushankkeessa syntyviin kustannuksiin.

## **1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus**

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat asuinkerrostalon kustannustehokkuuteen sekä mistä rakentamisen kustannukset syntyvät. Tutkimuksessa selvitetään myös mitä konseptirakentaminen tarkoittaa ja mitä keinoja konseptirakentaminen tarjoaa rakennusalan kehittämiseen. Esitutkimuksessa kuvataan myös talonrakentamisen prosessi vaiheittain ja selvitetään mitkä tekijät eri vaiheissa vaikuttavat rakentamisen kustannuksiin. Lisäksi esitutkimuksessa luodaan katsaus rakentamisen tuotannon tehostus-toimiin teollisten rakennusprosessien ja modulaarisen rakentamisen sekä Lean-rakentamisen avulla. Tutkimuksen teoriaosuus tukee työn käytännön osuutta, joka perustuu tapaustutkimukseen.

Tutkimuksella vastataan seuraavaan kysymykseen:

- Millainen on kustannustehokas asuinkerrostalo ja mitkä suunnitteluratkaisut mahdollistavat sen?

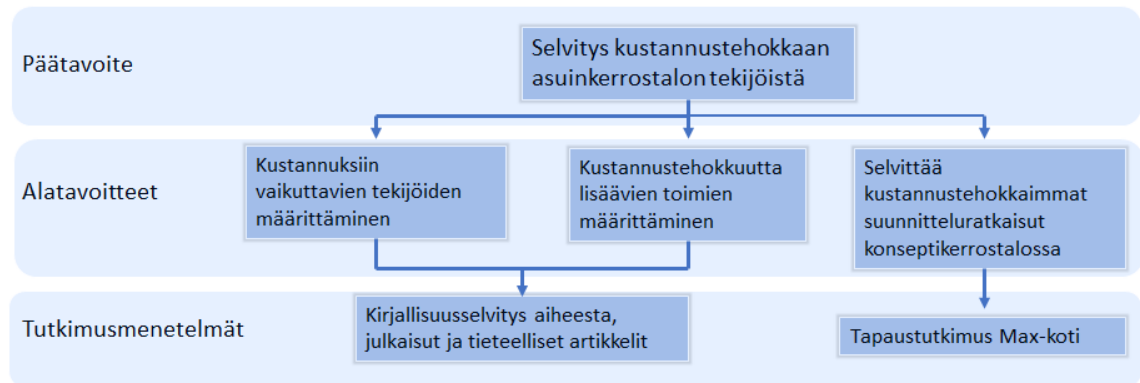
Tutkimuskysymykseen vastaamiseksi pyritään vastaamaan seuraaviin tarkentaviin kysymyksiin:

- Mistä rakentamisen kustannukset muodostuvat ja mitkä tekijät vaikuttavat kustannuksien muodostumiseen?
- Mitkä suunnitteluratkaisut ja menetelmät tukevat rakentamisen kustannustehokkuutta ja rakentamisen tuotannon tehostamista?

Menetelmänä suunnitteluratkaisujen arviointiin työssä toteutetaan tapaustutkimus kohdeyrittäjä SSR Uusimaa Oy:n asuinkerrostalokonseptissa käytettävistä suunnitteluratkaisuksista, jonka avulla tuotetaan tietoa konseptin edelleen kehittämiseksi kohti kustannustehokkaampaa toteutusta. Tapaustutkimuksessa yrityksen kehittämän kerrostalokonseptin kustannukset selvitetään ja luodaan vertailu eri suunnitteluratkaisujen välille.

Tutkimus rajataan koskemaan asuinkerrostalojen kustannuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä sekä kustannustehokkuuden parantamisen keinoja. Konseptirakentamista ja talonrakentamisen prosessia kuvataan asuinrakentamisen näkökulmasta. Käytännön tavoitteen osalta tutkimus rajataan koskemaan SSR Uusimaan Max koti-kerrostalokonseptia, jonka

tapaustutkimus rajataan ennalta laadittujen suunnitteluratkaisujen vertailuun. Konsepti sisältää myös mahdollisuuksia asukasmuutoksiin, mutta näiden muutoksien vaikutus kustannuksiin rajataan tutkimuksen ulkopuolelle. Kuvassa 1 on esitetty tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmät.



Kuva 1. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmät.

### 1.3 Työn rakenne

Tutkimuksen teoreettinen osuus on toteutettu keräämällä tietoa asuinkerrostalon kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä sekä konseptirakentamisesta ja tuotannon tehostustoimista koskien teollisia rakennusprosesseja sekä Lean-rakentamista. Aiheista on tehty kirjallisuusselvitys ja tietoa kerätty aiheisiin liittyvästä kirjallisuudesta sekä julkaisuista ja artikkeleista. Tutkimuksen empiirinen osuus on toteutettu tapaustutkimuksena Max-koti kerrostalokonseptista. Tapaustutkimuksessa kustannuksien määrittämisessä on käytetty tietoa kohdeyrityksen aiemmin toteutuneista asuinrakentamishankkeista ja niiden kustannuksista. Kustannuksien ja kustannustehokkaimpien suunnitteluratkaisujen sekä ratkaisujen tuotantovaikutuksien määrittämisessä on käytetty hyödyksi myös asiantuntijahaastatteluja ja muiden alalla toimivien yritysten asiantuntijuutta.

Työn luku 2 sisältää kirjallisuusselvityksen, joka muodostaa tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen. Aluksi on selvitetty, mitkä tekijät vaikuttavat rakennushankkeen kustannuksiin ja mistä talonrakentamisen prosessi koostuu. Seuraavaksi perehdytään konseptirakentamiseen, jonka myötä on selvitetty tuotekonseptoinnin sekä tuotteistamisen hyödyt ja kerrotaan Suomen asuinmarkkinoilla olevista asuinrakennuskonsepteista sekä niiden ominaisuuksista ja hyödyistä asuntotuotannossa. Konseptirakentamisen jälkeen perehdytään rakentamisen tuotannon tehostamistoimiin teollisten rakennusprosessien ja Lean-rakentamisen keinoin. Luvun 2 lopussa luodaan yhteenveto teoreettisesta osuudesta.

Luku 3 käsittelee tapaustutkimusta Max koti-kerrostalokonseptista. Luvun alussa esitellään tapaustutkimuksessa käytetty aineisto ja tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen kerrostalokonsepti ja sen perusratkaisu. Tämän jälkeen tutkitaan ennalta määritettyjä suunnitteluratkaisuja sekä niiden aiheuttamia kustannusvaikutuksia ja vaikutuksia yleisesti rakennuksen tuotantoon. Luvun 3 lopussa luodaan yhteenveto tapaustutkimuksesta.

Luku 4 sisältää pohdinnan ja johtopäätökset tutkimuksen tuloksista. Luvussa kerrotaan ja tuodaan yhteen tapaustutkimuksen tulokset sekä luodaan johtopäätökset kerrostalokonseptissa käytettävistä kustannustehokkaimmista suunnitteluratkaisuksista sekä luodaan



kohdeyritykselle toimenpide-ehdotus tutkimuksen tulosten perusteella siitä, mitä suosituksia voidaan tuoda asuinrakentamisen tuotannossa käytettyihin suunnitteluratkaisuihin. Luvun loppuksi luodaan vertailu tuloksista aikaisemmin toteutettujen tutkimusten tuloksiin sekä pohditaan tulosten luotettavuutta ja tehdään johtopäätökset tutkimuksesta.

## 2 Rakennushankkeen kustannustehokkuus ja tuotantokonseptit

Rakentamisen kustannuksiin ja tehokkuuteen vaikuttavat useat tekijät. Tämä luku sisältää tutkimuksen teoriaosuuden, jossa käydään läpi tutkimusaiheeseen liittyviä aiheita. Luvussa määritellään asuinrakennushankkeessa kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ja luodaan kuvaus tavanomaisen asuinrakennushankkeen rakennusprosessista, sekä prosessin vaiheissa tärkeimmistä kustannuksien syntymiseen vaikuttavista tekijöistä ja kustannuslaskentamenettelyistä. Tämän jälkeen kuvataan keinoja rakentamisen tuotannon ja itse rakennusprosessin tehostamiseen, joita käsitellään kolmessa aihealueessa: konseptirakentaminen, teolliset rakennusprosessit ja modulaarinen rakentaminen sekä Lean-rakentaminen. Luvun lopussa luodaan yhteenveto tutkimuksen teoriaosuudessa käsitellyistä aiheista sekä teoriaosuuden keskeisimmistä käsitteistä ja niiden määritelmistä, sekä siitä mitä etuja kyseisillä käsitteillä havaittiin konseptirakentamisessa ja rakentamisen kustannustehokkuudessa.

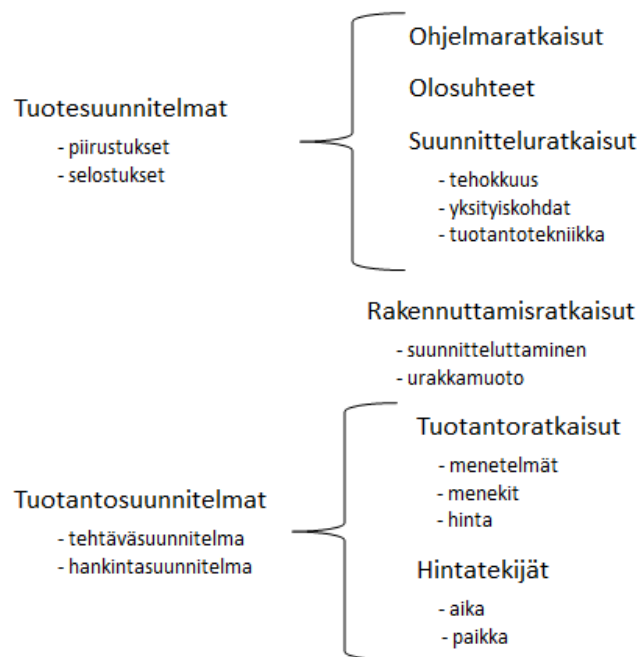
Konseptirakentaminen liittyy vahvasti tuotekonseptien luomiseen, jonka tavoitteena on luoda standardoituja kokonaisuuksia asiakkaille ja tuotteen loppukäyttäjille. Tuotekonseptit ovat tuotteistettuja, jonka myötä tuote on helpompi ostaa, se on ominaisuuksiltaan vahvempi, tehokkaammin myytävissä ja mikä tärkeintä konseptirakentamisen kannalta, sen monistaminen on helpompaa, jolla luodaan kustannustehokkuutta rakennusten tuotantoon. Useat rakennusliikkeet Suomessa ovat tuoneet markkinoille omia asuinrakennuskonseptejaan, tavoitellessaan monistettavuutta ja paremmin hallittua tuotantoa, joiden myötä rakentamisen kustannukset pienenevät.

Teollisten rakennusprosessien ja modulaarisen rakentamisen suosio on kasvanut maailmanlaajuisesti sen avulla saavutettavien kustannusten- ja tuotannon hyötyjen myötä. Useat asuinrakennuskonseptit hyödyntävät teollisia rakennusprosesseja, joilla saadaan tehokkaasti vähennettyä työmaalla tapahtuvaa rakentamista, mikä on usein nähty tehottomana esimerkiksi muuttuvien olosuhteiden johdosta. Myös Lean-rakentaminen on tullut tunnetuksi maailmanlaajuisesti, sen avulla saavutettavien tuotantohyötyjen myötä. Lean-rakentamisen ajatuksena on vähentää hukkaa ja prosessien läpimenoaika rakentamisen kaikilla osa-alueilla, parantaa tuottavuutta ja sitä kautta vähentää syntyviä kustannuksia samalla hyötyen laadun ja turvallisuuden paranemisesta.

### 2.1 Asuinrakennushankkeen kustannuksiin vaikuttavat tekijät

Rakennushankkeen kustannuksiin vaikuttavat monet tekijät koko hankkeen ajan. Kustannukset voidaan jaotella eri kokonaisuuksiin ja esimerkiksi kokonaista hanketta arvioitaessa voidaan puhua kiinteistön hankinta- ja rakennuskustannuksista. Kiinteistön hankintakustannuksiin kuuluvat muun muassa tontin kustannukset ja verot. Rakennuskustannuksiin kuuluvat itse työmaalla syntyvien rakennuskustannusten lisäksi rakennuttamisen kustannukset kuten erilaiset hanketehtävät ja -varaukset, joihin sisältyy muun muassa hankkeen ja rakentamisen johtotehtävät, työn valvonta sekä hankkeen suunnitelmat. (RT 2016.)

Rakennushankkeen taloudellisuus ja kustannusten ohjaus perustuvat hankkeen tavoitteisiin, mahdollisten ratkaisujen testaukseen ja testauksen kautta päätöksiin järkevimmistä jatkotoimista. Jotta kustannusten ohjaus saadaan mahdolliseksi, tulee rakennushanke vaiheistaa niin, että päätökset syntyvät tarkoituksenmukaisesti ja tukevat kunkin vaiheen kannalta keskeisiä asioita. Rakennushankkeissa kustannukset koostuvat lopputuotteena syntyvän tuotteen ominaisuuksista, rakennuttamisen ratkaisuista sekä hankkeen tuotantoon liittyvistä ratkaisuista. Kankainen ja Junnonen (2015) ovat koonneet kirjassaan ”Rakennuttaminen” rakennuskustannusten suuruuteen vaikuttavat tekijät kuvan 2 mukaisesti tuotesuunnitelmista aiheutuviin, tuotantosuunnitelmista aiheutuviin sekä rakennuttamisratkaisuista aiheutuviin kustannustekijöihin. (Kankainen & Junnonen 2015.)



Kuva 2. Rakennuskustannusten suuruuteen vaikuttavat tekijät. (Kankainen & Junnonen 2015, s.42.)

Rakennushankkeen kustannusten määräytyminen tapahtuu pääosin tilojen ohjelmoinnin ja suunnitteluvaiheen yhteydessä. Tilojen ohjelmoinnin jälkeen hankkeen lopullisten kustannusten suuruuteen voidaan kuitenkin tehokkaasti vaikuttaa aktiivisella suunnittelunohjauksella. Suunnittelunohjauksen tavoitteena on varmistaa hankkeen tavoitteiden täyttyminen mahdollisimman kustannustehokkaasti. Suunnittelunohjauksella ei tavoitella tilojen vähimmäismitoitusta, toimintojen- tai laatutason alentamista, vaan hankkeen ja sen suunnitelmien taloudellisuuden ohjaamista laadittujen tavoitteiden mukaisesti. (Pitkänen 2009, s.11.)

Pitkäsen (2009) raportissa suoritetun vertailun asuinkerrostalon kustannustarkastelun ja-kaumasta voidaan nähdä, että rakennusosiin luettavat talo-osat, joihin sisältyvät alapohja, perustukset, runko, julkisivut sekä vesikatto muodostavat n. 30% rakennuksen kokonaiskustannuksista. Rakennuksen loput rakenneosat muodostavat hieman yli 20% kokonaiskustannuksista, tekniikkaosat muodostavat noin 15% ja hanketehtävät noin 26% kokonaiskustannuksista. Jäljelle jääneet 7% kokonaiskustannuksista muodostuvat tontin rakennusaikaisesta vuokrasta, liittymismaksuista, rahoituskustannuksista ja hankevarauksista. (Pitkänen 2009 s.13.)

Rakennuskustannukset eri hankkeiden välillä saattavat vaihdella suuresti. Kustannukset syntyvät resurssien, kuten tarvittavan työn, materiaalin sekä energian käytöstä ja niiden hinnan suuruudesta. Suunnitteluvaiheessa määritetään hankkeelle tarvittavat resurssit ja niiden määrät. Tässä luvussa käydään läpi rakennushankkeiden kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, mistä ne koostuvat ja kuinka kustannukset jakautuvat. Eri rakennushankkeiden väliset kustannuserot johtuvat muun muassa

- tilaohjelmien ominaisuuksista
- vallitsevista olosuhteista rakennuspaikalla
- erilaisista suunnittelu- ja tuotantoratkaisuista
- hankkeen toteuttamismuodosta sekä -aikataulusta
- suhdanne- ja hintatekijöistä. (RT 2016, Pitkänen 2009.)

### 2.1.1 Tilaohjelmien ominaisuudet

Tilaohjelman laatiminen kuuluu talonrakennushankkeessa alustavasti tarveselvitysvaiheeseen ja sitä päivitetään ja täydennetään hankesuunnitteluvaiheessa. Jokaisen rakennushankkeen lopullisena tavoitteena on tuottaa hyöty valmistuneen rakennuksen käyttäjälle, joka voi olla eri taho kuin rakennuksen omistaja. Tilaohjelmassa luetteloidaan kaikki tilat ohjelmoituine pinta-aloineen, jotka sisältyvät rakennushankkeeseen. Tilaohjelman yhteydessä kuvataan myös tilojen ominaisuudet sekä rakennuksen ulko- ja sisäpuolisten rakenteiden ominaisuudet. Eri hankkeiden välisiä kustannuseroja aiheuttavat esimerkiksi tilojen koko ja lukumäärä, vaihtelu tilojen kaluste- ja varustetasossa, taloteknisissä ratkaisuissa sekä tilojen erilaiset pintarakenteet ja niiden laatutaso. Mikäli tilaratkaisuja ja tilojen käyttötarkoituksia muutetaan rakentamisen aikana, voi syntyä vaikeasti hallittavia muutoksia kustannuksiin ja hankkeen aikatauluun. (Kankainen & Junnonen 2013, s.16-17, 20-21, RT 2016.)

Rakennusten käyttäjien tarpeet vaihtelevat, sillä käyttäjä voi olla esimerkiksi yksityinen perhe, joka haluaa isomman kodin itselleen tai kansainvälinen yritys, joka haluaa nykyaikaiset tuotantotilat tehostaakseen toimintaansa. Cunningham (2013) toteaa tutkimuksessaan, että rakennusten käyttäjien tarpeita ei voida painottaa liikaa, sillä heidän tarpeet määrittävät hankkeen piirteet ja käyttäjien tarpeilla on suuri merkitys koko rakennushankkeen kustannuksiin. Hän painottaa myös, että erittäin usein käyttäjät eivät saa lopputuotteena sellaista rakennusta kuin haluaisivat, sillä he eivät osaa vaatia tarpeidensa mukaista suunnittelua, ja täten hankkeen suunnittelijoiden käsitys lopputuotteesta eroaa käyttäjien lopullisista tarpeista. (Cunningham 2013, s.2-3.)

Tilaohjelman lopullisena tavoitteena on selvittää, miten vastataan käyttäjän määrittelemiin tilantarvevaatimuksiin ja erilaisiin tilaratkaisuihin. Rakennuksen tiloissa harjoitettava toiminta määrittää vaatimukset, joihin tilojen ominaisuuksien tulisi vastata. Tilojen vaatimuksia asettaa useampi taho:

- Tilojen käyttäjät asettavat vaatimukset teknisille ja toiminnallisille ominaisuuksille sekä käytettävyydelle.
- Lainsäädäntö ja viranomaiset asettavat edellytykset terveellisen, turvallisen ja viihtyisän elinympäristön toteutumiselle, jossa otetaan huomioon myös rakennuksen elinkaarivaikutukset. (Pitkänen 2009.)

## 2.1.2 Olosuhteet rakennuspaikalla, määräysten ja kaavoituksen vaikutus kustannuksiin

### Olosuhteet rakennuspaikalla

Rakennuspaikan olosuhteet vaikuttavat ratkaisevasti rakennushankkeen kustannuksiin. Rakennuspaikan sijainnilla, fyysisillä ominaisuuksilla, rakennuspalvelujen ja resurssien saatavuudella sekä rakennusajan säätilalla on tärkeä merkitys rakentamisesta aiheutuviin kustannuksiin. Rakennuspaikan sijainti määrittää monin tavoin mitä kyseiselle sijainnille kannattaa rakentaa. Cunningham (2013) toteaa, että korkea-arvoiset sijainnit houkuttelevat puoleensa korkea-arvoisia rakennuksia ja olisi sopimatonta rakentaa arvoltaan alhaisia projekteja arvokkaille sijainneille, johon myös paikalliset kaavamääräykset asettavat omat rajoituksensa. Yleisesti voidaan sanoa, että rakennuspaikat kaupungeissa ovat kalliimpia, kuin vastaavat sijainnit maaseudulla muun muassa tuloeroista ja palveluiden saatavuudesta johtuen. (Cunningham 2013, s.10.)

Rakennuspaikan fyysisiin ominaisuuksiin kuuluvat pohjaolosuhteet ja -esteet, olemassa olevat ja liittyvät rakenteet sekä maanalaiset ja -päälliset rakenteet. Nämä ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten rakennus suunnitellaan ja kuinka se tullaan vastaavasti rakentamaan, millä on suuri merkitys rakennuskustannuksiin. Jokaisen rakennuspaikan fyysisiin ominaisuuksiin tulee tutustua yksilöllisesti, sillä esimerkiksi pohjanvahvistustyöt, louhinta, purettavat rakenteet, pohjavedenpinnan korkea sijainti ja pilaantuneen maan puhdistaminen aiheuttavat kustannuksia, joiden myötä hankkeen kokonaiskustannukset voivat nousta huomattavasti. Pitkäsen (2009) mukaan, maaperän edellyttämien esirakentamis- ja pohjanvahvistustoimenpiteiden lisäkustannukset voivat olla suuruudeltaan useita satoja euroja asuinneliötä kohden. Rakennuspaikan ominaisuudet vaikuttavat välittömistä toimenpiteistä johtuvien kustannusten lisäksi myös välillisesti kustannuksiin, esimerkiksi työskentely rinteisillä rakennuspaikoilla on vaarallisempaa ja vaikuttaa täten myös muiden työvaiheiden suorittamiseen kustannuksia lisäävästi. Yksittäisen rakennuspaikan pohjaolosuhteita ei pystytä muuttamaan suotuisammaksi ilman lisäkustannuksia, mutta suunnittelun keinoin voidaan esimerkiksi rakennuspaikan toimintojen sijoitteluun vaikuttaa, jolloin paikan pohjaolosuhteet saadaan mahdollisesti suotuisammaksi. Myös rakennukseen tarvittavien liittymien kuten kaukolämmön-, sähkön-, dataverkon- sekä vesiliittymien etäisyys rakennuspaikasta vaikuttavat syntyviin kustannuksiin. (Cunningham 2013, s.11, Vihinen 2017, s.13.)

Rakennushankkeen sijainti vaikuttaa rakennuspalveluiden ja resurssien saatavuuteen sekä työvoiman ja materiaalien kustannuksiin, sillä ne vaihtelevat eri puolilla Suomea. Hankkeen toteuttamismuotoa ja sopimuksia laadittaessa on otettava huomioon paikallisten markkinoiden rakentamistarjonta ja tähän on syytä kiinnittää huomiota myös koko hankkeen ajoitusta määritettäessä. Cunningham (2013) toteaa, että yleisesti paikallisilla urakoitsijoilla on etu urakkakilpailuissa ja urakoitsijat, jotka pystyvät suoriutumaan urakasta oman yrityksensä resurssien puitteissa ovat kilpailukykyisimpiä kuin urakoitsijat, jotka joutuvat jakamaan urakan sisällön aliurakoitsijoilleen. Kuitenkin tärkeässä roolissa kustannusten minimoinnissa on kyky houkutella paikallisia palvelun- ja materiaalin tarjoajia, jotta tarpeettomilta kuljetuskustannuksilta vältytään. (Cunningham 2013, s.11, RT 2016.)

Yksi hankkeen rakennuskustannuksia lisäävä tekijä on vallitsevat kausiolosuhteet, sekä yleisesti ilmasto-olosuhteet missä rakentaminen tapahtuu. Kausiolosuhteista talven ajoituksella on suuri merkitys rakennusajankohdan vaikutuksiin Suomessa. Esimerkiksi talvella suoritettavat rakennuksen runkotyöt aiheuttavat lisäkustannuksia hankkeeseen muun muassa tarvittavan lisälämmityksen takia verrattaessa kesällä suoritettavaan runkotoiden toteutukseen. Ilmasto-olosuhteiden ero esimerkiksi rannikko- tai mannerseuduilla olevan rakennussijainnin välillä voi aiheuttaa kustannuseroja muun muassa tuulen voimakkuuksien takia ja veden tulvimiselle alttiilla seuduilla saattaa olla ratkaiseva merkitys rakennuksen pohjatöiden tekemisestä syntyviin kustannuksiin. Ilmasto- ja kausiolosuhteisiin ei voida vaikuttaa, mutta töiden toteuttamistratkaisuilla ja rakentamisen ajoituksella voidaan vaikuttaa niistä syntyviin lisäkustannuksiin tehokkaasti. (RT 2016.)

### Määräykset ja kaavoitus

Suomessa rakentamista säädellään pääasiassa maankäyttö- ja rakennuslailla sekä asetuksin ja määräyksin, jotka vaikuttavat myös rakentamisesta aiheutuviin kustannuksiin. Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on säädellä rakentamista ja alueiden käyttöä niin, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle, joka tukee ekologista, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehitystä. Lain tavoitteena on myös turvata jokaisen yksilön oikeus osallistua asioiden valmisteluun, varmistaa avoin tiedottaminen sekä suunnittelun laatu ja asiantuntemuksen monipuolisuus. (MRL 2000.)

Kaupungit ja kunnat säätelevät määräyksillä ja kaavoituksella alueidensa maankäyttöä ja rakentamista. Pitkäsen (2009) tekemän tutkimuksen ”Asuinkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkasteluja” mukaan, kaavamääräysten takia eniten rakentamiskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat

- kerrosten lukumäärä ja asuntojen keskikoko
- rakennusten muoto ja massoittelu, esimerkiksi porrastukset rakennusrungossa
- julkisivujen materiaalit ja ulkoseinärakenteet, jotka voivat merkittävästi vaikuttaa hankkeen kokonaiskustannuksiin
- rakentamistapaa ja materiaaleja koskevat määräykset esimerkiksi kattotyyppeihin ja kaltevuuksiin liittyen
- liiketiloihin ja yhteistiloihin, joilla varmistetaan yhteistilojen toteutuminen – kaavamääräys voi esimerkiksi velvoittaa asukkaiden käyttöön harraste-, kokoontumis- ja yhteistiloihin vähintään 1.5% tontille osoitetusta kerrosalasta
- liikennetilojen koko ja laajuus sekä teknisten tilojen sijoittelu ja ominaisuudet
- rakenteiden energiamääräykset. (Pitkänen 2009.)

Myös Rakli Ry:n (2015) tekemä ”Selvitys kaavamääräysten kustannusvaikutuksista” mainitsee samoja tekijöitä eniten rakennuskustannuksiin vaikuttavista kaavamääräyksistä.

Määräyksillä ja kaavoituksella on suuri vaikutus rakentamisen kustannuksiin ja esimerkiksi energiatehokkuuteen, väestönsuojiiin ja esteettömyyteen liittyvät määräykset vaikuttavat merkittävästi rakentamisen kustannuksiin ilman, että rakennuttaja pystyy asioihin vaikuttamaan. Esteettömyysvaatimukset sekä väestönsuojan vaatimukset eivät ole kaavamääräyksiä vaan niistä säädetään rakentamismääräyskokoelmassa. Esimerkiksi väestönsuojan rakennuskustannukset ovat noin 2200€/vssm<sup>2</sup>. Väestönsuojan pinta-alan on oltava vähintään 2.4% kerrosalasta, joten väestönsuoja vaikuttaa eniten kustannuksiin pienissä kohteissa, sillä kustannusvaikutus pienenee neliötä kohden rakennusalan kasvaessa (Mar-

tinkauppi 2009, s.25). Huomattavaa on, että energiatehokkuusvaatimukset ovat kiristyneet viimevuosina ja uusi lainsäädäntö velvoittaa kaikkien uusien rakennusten olevan lähes nollaenergiarakennuksia vuoden 2021 alusta alkaen, mikä aiheuttaa uudisrakennuksien rakentamiseen lisäkustannuksia. (Vihinen 2017, s.19, Rakli 2015, s.36.)

Rakli Ry:n (2015) tekemän tutkimuksen mukaan, kaavamääräykset voivat nostaa hankkeen rakennuskustannuksia jopa viidenneksellä verrattaessa edullisimpaan ratkaisuun. Asiaa havainnollistettiin laskuesimerkillä 8:n kerroksisen lamellitalon rakennuskustannuksista, jossa ilman määräyksiä toteutettavan talon rakennuskustannukset olivat 2675€/k-m<sup>2</sup>, kun taas määräyksiensä kanssa toteutettavan talon rakennuskustannukset olivat 3185€/k-m<sup>2</sup>. Suhteutettaessa kyseiset luvut 60m<sup>2</sup> kokoiseen huoneistoon, se tarkoittaa 36 102 euron hinnankorotusta huoneiston hintaan. (Rakli 2015, s.39.)

### 2.1.3 Suunnittelu- ja tuotantoratkaisut

Rakennushankkeen suunnitteluratkaisuilla on suuri vaikutus rakentamisen kustannuksiin. Hankkeesta ja suunnitteluratkaisuista riippuen, suunnitteluratkaisujen erojen vaikutus voi olla jopa 10% koko hankkeen kustannuksista. Erot kustannuksiin voivat syntyä tehokkuuseroista sekä rakennusosien määrän ja hintojen eroavaisuudesta joihin vaikuttavat esimerkiksi rakennuksen perusratkaisu, muoto ja massoittelu, tontille sijoittelu, tilojen varuste- ja viimeistelytaso sekä rakenteelliset ja tuotantotekniset ratkaisut. (Pitkänen 2009, s.12, RT 2016.)

Rakennuksen suunnitteleminen on kokonaisuudessaan iteratiivinen prosessi, jossa erilaiset suunnittelupäätökset ovat ratkaisuja toiminnallisiin ja muodollisiin ongelmiin sekä ylittyviin kustannusarvioihin. Etsiessään ratkaisuja, suunnitteluryhmän on tehtävä muutoksia ilmenneisiin ongelmakohtiin, jotta hanke saataisiin toteutettua parhaalla mahdollisella tavalla ilman rakennuksen toiminnan ja laadun huonontumista. Safiki ym. (2015) löysivät tutkimuksessaan useita eri lähteitä, joissa käsiteltiin suunnitteluprosesseissa esiintyviä suunnitteluratkaisuja, jotka vaikuttavat eniten rakennuskustannuksiin. Kustannuksiin vaikuttavat

- pohjaratkaisu ja sen monimuotoisuus, käytävien määrä
- rakennuksen koko ja piiri, seinien pinta-ala suhteessa lattian pinta-alaan
- kerroskorkeus ja kerroksien määrä (rakennuksen kokonaiskorkeus)
- julkisivuratkaisut
- talotekniset ratkaisut (LVIS)
- jännevälit
- taloryhmittymät
- rakennettavuus. (Safiki ym. 2015.)

Safiki ym. tutkimuksen mukaan mitä monimutkaisempi ja epäsäännöllisempi rakennuksen muoto on, sitä korkeammat rakennuskustannukset ovat. Tämä johtuu siitä, että monimutkaisempi rakenne tekee todennäköisemmäksi ongelmatilanteet, jotka vaikuttavat rakennuksen rakennettavuuteen ja esimerkiksi rakennustuoteosien, kuten ulkoseinien, perustuksien ja talotekniikan määrä saattaa lisääntyä. Myös Cunninghamin (2013) tutkimuksen mukaan muodoltaan yksinkertaiset ja toistettavissa olevat suunnitteluratkaisut edistävät käytettävissä olevan rakennusalan hyötykäyttöä ja luovat tuottavuudeltaan paremmat olosuhteet vähentämällä rakennustyössä syntyvää hukkaa. Monimuotoiset ja epäsäännölliset suunnitteluratkaisut ovat hitaampia rakentaa ja ne lisäävät rakennuksissa mahdollisesti syntyvien virheiden riskiä. Myös rakenteiden toistettavuus vaikuttaa huomattavasti rakentamisen kokonaiskustannuksiin. (Safiki ym. 2015, Cunningham 2013.)

Pitkäsen (2009) tutkimuksen mukaan suunnitteluratkaisut vaikuttavat rakennuskustannuksiin monin eri tavoin. Esimerkiksi asuntojen keskipinta-alan kasvattaminen vähentää yleisesti suhteellisia rakennuskustannuksia, koska tällöin esimerkiksi kalliiden märkätilojen määrä suhteessa asuineliöihin pienenee. Rakennusten runkosyvyydellä vaikutetaan asuntojen muotoon ja kokoon sekä rakennusten ulkoseinän ja perustusten määrään. Kun runkosyvyyttä kasvatetaan, ulkoseinien ja perustusrakenteiden määrä pienenee, jolloin kustannukset pienenevät. Myös julkisivujen kustannukset liittyvät suoraan ulkoseinien määrään, kalleimmat julkisivumateriaalit ovat paikalla muurattu julkisivu sekä rappattu julkisivu. Myös ikkunat, parvekkeet, julkisivujen tehostukset ja lasitukset vaikuttavat ratkaisevasti julkisivuista aiheutuviin kustannuksiin. (Pitkänen 2009, s. 23-30.)

Rakennusmateriaalien ja eri detaljien vaikutus rakentamisen kustannuksiin on huomattava. Syntyvä laatu ja kustannukset ovat yhteydessä toisiinsa ja esimerkiksi rakennukset, joissa haetaan korkeaa laatuluokkaa tai innovatiivisia ratkaisuja ovat huomattavasti kalliimpia kuin rakennukset, jonka ominaisuuksissa on kiinnitetty huomiota lähinnä sen toimivuuteen. Valinnat laadun ja kustannusten välillä riippuvat siitä, mistä lopputuotteen tilaaja tai käyttäjä on valmis maksamaan. Yleisesti ottaen ratkaisuja on arvioitava eri näkökulmista ja suunniteltaessa on tarkistettava, onko valittu suunnitteluratkaisu tuottava suhteessa siitä aiheutuviin kustannuksiin ja hyötyihin. Kalliit pintamateriaalit vaikuttavat usein myös myyntihintojen nousuun. Cunningham (2013) esittää tutkimuksessaan, että materiaalien ja rakenneratkaisujen valintaan vaikuttaa myös muut kuin esteettiset ominaisuudet, kuten tuotantotekniikkaan liittyvät ominaisuudet, joita käsitellään tässä luvussa jäljempänä. (Cunningham 2013, s.9, Vihinen 2017, s.19.)

Eri suunnitteluratkaisujen arviointia niin kustannuksien kuin toteutettavuuden ja lopputuotteen laadun kannalta ei voida vähentää. Ehdotussuunnitteluvaiheen tärkeimpänä tuloksena on valintapäätös suunnitteluratkaisusta, joka toimii pohjana jatkosuunnitelmille. Ennen hyväksyntää valituksi ehdotussuunnitelmaksi, jokainen suunnitteluratkaisu tulee testata kustannuksien ja toimivuuden osalta määritettyyn tavoitteeseen. Keinoja suunnitelmavaihtoehtojen kustannusten vertailuun ja soveltuvuuteen hankkeeseen ovat tavoitehintaa-, tietomalli- tai rakennusosalaskentamenetelmä. Tietomallimenettely hyödyntää 3D-teknologiaa, jonka avulla voidaan määrittää hankkeessa käytettävät osat ja rakenteet sekä saadaan tuotetietoa käytetyistä rakennusosista. (RT 2016.)

Rakennusten tuotantovaiheessa kustannukset muodostuvat käytettyjen resurssien myötä, joka koostuu menekeistä ja resurssien hinnoista. Käytettyjen resurssien määrään voidaan vaikuttaa tuotantoratkaisuilla, jotka koostuvat valinnoista eri tuotantotekniikoiden ja työmenetelmien välillä. Valintoja tuotantotekniikkaan voi olla esimerkiksi, että rakennetaan välipohjat paikallavalettuina tai esivalmistettuina ontelolaatoista, joista molemmilla tuotantotekniikoilla on omat hyvät ja huonot puolensa. Cunningham (2013) esittää, että esimerkiksi nopeasti rakennettavissa projekteissa voidaan suosia tuotantotekniikkana teräsrunkoa paikallavaletun- tai betonielementtirungon sijaan, jotta projektin kokonaisaika lyhenee. Vaikka betoninen runkoratkaisu olisi rakenteellisilta kustannuksiltaan halvempi, saadaan hyöty teräsrunkoiselle rakenteelle sen lyhyemmästä asennusajasta, jonka avulla projektin kokonaiskustannukset pienenevät lyhentyneen rakennusajan myötä. Vastaavilla tuotantoratkaisulla saattaa olla suuret vaikutukset lopullisiin rakennuskustannuksiin, ja rakenteissa joissa pystytään hyödyntämään toistettavuutta, voidaan saavuttaa suuria hyötyjä rakenteiden ja komponenttien esivalmistuksesta ja standardoimisesta. Esimerkkeinä työmenetelmien valinnasta on esimerkiksi se, että toteutetaanko vesikiertoisen patteri-



lämmityksen putkiverkoston liitokset juottamalla vai puristusosilla tai toteutetaanko suoritettava maalaustyö maalaustelaa vai maalausruiskua käyttäen. (Cunningham 2013, s.9, RT 2016.)

Rakennusten tuotantovaiheeseen kuuluu tärkeänä osana tehtävä- ja hankintasuunnitelmien laatiminen, jotta käytettävien tuotantoratkaisujen sisältö tulee suunniteltua ja varmistetaan suoritettavien töiden tehokas toteutuminen. Eri tuotantoratkaisujen kustannukset voidaan selvittää resurssien menekkeihin ja todellisiin hintatietoihin perustuvilla tuotantolaskelmilla. Resurssien hintoihin voidaan jossain määrin myös vaikuttaa hankintoratkaisuilla. Työ voidaan toteuttaa omien resurssien puitteissa tai ulkoistaa aliurakoitsijoille. Rakentamisen tuotannon kustannukset koostuvat työvoiman, materiaalien ja suunnitelmien kustannuksista sekä yksittäisen työmaan ja yrityksen yleiskustannuksista. Yleisesti yritykset, jotka voivat minimoida kyseiset kustannukset, saavat kilpailuedun kilpailijoihinsa nähden. Valitsemalla mahdollisimman tehokkaita tuotantoratkaisuja ja tuke-  
malla töiden jatkuvuuden periaatetta, voidaan hankkeen tuotantoaikaa vähentää, jolloin saadaan aikaan merkittäviä säästöjä hankkeen yleisiin- ja johtamisen kustannuksiin ja hanke voidaan luovuttaa aikaisemmin käyttäjilleen. Tämä myös lyhentää sidotun pääoman aikaa ja mahdollistaa esimerkiksi rakennuksen omistajan vuokratulojen saamisen aikaisemmassa vaiheessa. (Cunningham 2013, s.17-18, RT 2016.)

Rakennusten tuotantovaiheessa, työmaiden tuottavuuteen vaikuttavat sen tehokkuuteen liittyvät tekijät koskien yksilöitä ja koko työmaan olosuhteita. Yksilöiden tehokkuuteen vaikuttavat heidän taidot, aikaisempi tuntemus tehtävästä työstä, työhön käytettävät työvälineet ja tekijöiden motivaation työtä kohtaan. Yrityksen sitoutuminen työntekijöihin tarjoamalla virkistytymis- ja kouluttautumismahdollisuuksia sekä hyvän palkkatason tehtyä työtä kohtaan, jonka lisänä on realistisesti saavutettavat tuotantopalkkiot, on yleisesti nähty parantavan työntekijöiden motivaatiota, työn laatua ja vähentävän tarvittavaa työnvalvontaa. Työmaahan liittyvät muut tekijät, kuten vallitsevat sääolosuhteet, suunnitelmien monimutkaisuus sekä työmaan organisaatio, sen toimivuus ja työmaan yleispiirteet vaikuttavat myös saavutettavaan tuottavuuteen. Tuotantovaiheen materiaalihankinnat ovat tärkeässä roolissa, jotta hanke pysyy aikataulussa ja määritettyjen kustannusten puitteissa. Rakennusmateriaalien hankinnassa yritykset pyrkivät rakentamaan hyvät suhteet tärkeimpiin rakennustuotteiden toimittajiin, jolla tavoitellaan parempia ja luotettavia toimituspalveluita, alhaisia hintoja sekä taloudellista luottoa. Tuotannon aikana syntyvien rakennustöiden ja materiaalien hukan minimoiminen on tärkeä asia tarkasteltaessa tuotannon kannattavuutta. (Cunningham 2013, s.18-19.)

#### **2.1.4 Hankkeen toteuttamismuoto ja -aikataulu**

Toteuttamismuodon valinta on hankkeen rakennuttajan strateginen päätös, joka määrää hankkeen tilaajan kannalta itse rakennuksen sekä hankkeeseen liittyvien rakennuttamis-, suunnittelu- ja rakentamispalveluiden hankintatavan. Toteuttamismuoto vaikuttaa keskeisesti koko hankkeen kulkuun, organisaatioiden vastuunjakoon, pääsopimusperiaatteisiin sekä hinnanmäärittystapoihin. Ennen toteuttamismuodon valintaa hankkeen rakennuttajan on selvítettävä mitkä hankkeeseen liittyvät tehtävät hän suorittaa itse ja mitkä hankitaan ulkopuolisina palveluina. Tärkeää on myös määrittää ulkopuolisten palveluiden kokonaisuuksien sisältö, hankitaanko suunnittelun ja rakentamisen palvelut yhtenä kokonaisuutena vai erikseen sekä toteutetaanko rakennustyö useampana urakkana vai yhtenä koko-

naisuutena. Kokonaisuudessaan hankkeen rakennuttaja voi toteuttamismuodolla pienentää olosuhteiden kustannusvaikutuksia esimerkiksi päättämällä millaisia urakkamuotoja ja hankintatapoja hankkeessa käytetään. (Kankainen & Junnonen 2015, s.26, RT 2016.)

Toteuttamismuodon valinta vaikuttaa myös rakennusalan yritysten kiinnostukseen hankkeeseen osallistumisesta sekä riskien ja niiden kustannusten hallintaan ja jakoon hankkeen eri organisaatioiden välillä. Yleisesti hankkeen kannalta hyvin suoritettu toteutusmuotojen vertailu ja oikein valittu toteutusmuoto tukevat hankkeelle asetettuja tavoitteita sekä minimoi riskit, joista voi hankkeen toteuttamisen aikana syntyä lisäkustannuksia. Toteuttamismuodon valinnan onnistumiseksi, rakennuttajan on erotettava eri toteutusmuotojen vaikutukset urakkamuotoihin, tarjousten hankintatapoihin, tarjous- ja sopimusasiakirjojen sekä ostettavien palvelujen sisältöjen ominaisuuksiin. (Kankainen & Junnonen 2013, s.27, RT 2016.)

Kirjassaan ”Rakennuttaminen”, kirjan tekijät Kankainen ja Junnonen (2013) esittävät seuraavat ominaisuudet, jotka vaikuttavat hankkeen toteutusmuotoon keskeisesti

- kohteen tekninen vaativuus
- päätöksenteko ja yhteistyön tarve hankkeen aikana
- rakennukselle asetettavat vaatimukset ja käyttöominaisuudet.

Hankkeen rakennusajankohdan ja toteuttamisaikataulun päättäminen on yksi rakennuttajan tärkeimmistä tehtävistä. Toteuttamisaikataulussa on tärkeää varata riittävästi aikaa suunnitelmien tekemiseen ja rakennusluvan hankintaan. Mikäli rakennuttaja asettaa hankkeelle liian tiukan toteuttamisaikataulun, riski poikkeavien työaikajärjestelyjen määrän lisääntymiseen ja esimerkiksi urakoitsijoiden omien alihankintojen sopimusriskien syntymiseen kasvavat. Tarpeettoman pitkä toteuttamisaikataulu taas kasvattaa aikaan sidottuja kustannuksia ja tehottomuus työmaan organisaatiossa lisääntyy, täten esimerkiksi hankkeen valmistumisen jälkeen kiinteistön omistajan saatavien vuokratulojen kertyminen viivästyy tarpeettomasti. Rakennushankkeiden ajallisia hintavaikutuksia pystytään pienentämään sillä, että hankkeen toteutukseen vaadittavat työt pyritään toteuttamaan urakkamuotoisina, sillä urakkatyössä työaika on joustava, jolloin aikataulun hintavaikutukset pienenevät. Rakennusajankohtaan liittyy myös tärkeänä osana suhdanteet ja vallitseva markkinatilanne, jonka vaikutuksista rakentamisen kustannuksiin kerrotaan seuraavassa luvussa. (RT 2016, Vihinen 2017, s.11.)

### **2.1.5 Suhdanne- ja hintatekijät**

Rakennusala on suhdanneherkkä ala, jonka aktiivisuus on herkästi yhteydessä talouden muutoksiin. Rakentamisen aktiivisuus on syklistä, nousujohteisessa suhdannetilanteessa rakentaminen on aktiivista ja uusia rakennusprojekteja aloitetaan yleisesti paljon, laskujohteisessa suhdannetilanteessa rakentamisen tilanne on päinvastainen ja aktiivisuus rakentamisessa laskee. Rakentamisessa suhdanteet ja vallitseva markkinatilanne vaikuttavat niin rakennustyön, materiaalien kuin urakoiden tarjoushintoihin. Kun kysyntä rakennustyölle on nousujohteisessa suhdannetilanteessa suuri, urakoitsijat kohtaavat rajoitteita työn tarjottavuudessa ja kapasiteeteissa sekä työvoiman puutteesta johtuen, mikä näkyy urakoiden kasvavina tarjoushintoina. Pitkänen (2009) toteaa tutkimuksessaan, että esimerkiksi pelkästään taloudellinen korkeasuhdanne voi johtaa niin suureen urakkahintojen nousuun, ettei hanketta hyvistä olosuhteista ja taloudellisista suunnitteluratkaisuista huolimatta ole mahdollista toteuttaa. Vastaavasti tilanteessa, jolloin työtä on niukasti tarjolla, urakoitsijat pienentävät voittomarginaalejaan turvatakseen töiden saamisen. Tämä saattaa

johtaa jopa tuottamattoman työn tekemiseen, mikä ei ole yrityksen toiminnan kannalta kestävä. (Cunningham 2013, s.16, Pitkänen 2009, s.12.)

Viime aikoina on nähty uutisointeja rakennusalan suhdanteiden vilkkaudesta, joka on näkynyt rakentamisen kustannuksien nousuna. Mölsä (2017) toteaa artikkelissaan, että hintaseurannan perusteella rakentamisen hinnat ovat pääkaupunkiseudulla nousseet selvästi ja pääkaupunkiseudulla rakennusliikkeiden työkanta on hyvällä tasolla. Mölsän mukaan, tämä on aiheuttanut sen, että varsinkin asuntorakentamisen tuotteista on alkanut syntyä pulaa, joka näkyy voimakkaina hintojen nousuina. Suurimpia hinnannousupaineita on kokeneet teräsrakenteet ja betonielementit, joiden hinnat ovat nousseet 2-12,5%. Myös osaavan työvoiman tarjonnassa on ilmennyt pulaa ja on täytynyt tukeutua ulkomaiseen työvoimaan yhä enemmän. (Mölsä 2017.)

Suhdanteiden ja markkinatilanteen vaikutus otetaan rakennushankkeen kustannustavoitteissa huomioon kiinnittämällä rakentamisen kustannukset vallitsevaan indeksitasoon. Rakennuskustannusindeksien avulla mitataan rakennusmarkkinoiden sisäistä inflaatiota ja jos rakentaminen toteutetaan myöhemmin, kustannusarvio voidaan päivittää indeksin avulla rakennusajankohtaan nähden realistiseksi. Suomessa rakennusalan hinta- ja kustannustasoa mitataan useilla eri indekseillä kuten Tilastokeskuksen rakennuskustannusindeksin, Talonrakennuksen tarjoushintaindeksin ja Haahtela-hinta ja -tuoteindeksin avulla. Indeksien sisältö, laskentaperusteet ja painotukset eroavat toisistaan huomattavasti. Rakennuskustannusindeksi on Tilastokeskuksen kuukausittain julkaisema virallinen indeksi, jota käytetään esimerkiksi hankkeiden urakkasopimusten yhteydessä. Pääsääntöisesti urakkatarjouksen hinnan sitominen indeksiin on mahdollista, mikäli urakka-aika on yli 12 kuukautta. Rapal Oy:n julkaisema Talonrakentamisen tarjoushintaindeksi kuvaa alkavien uudisrakennushankkeiden urakkatarjoushintojen muutoksia suhteessa vuoden 1992 tarjoushintatasoon. Indeksä muodostetaan yksittäisten pääkaupunkiseudulla sijaitsevien asuinrakennus- ja toimitilahankkeiden urakkatarjousten tietojen perusteella. Haahtela-kehitys Oy:n julkaisema hintaindeksi on rakennushankkeiden tarjoushintojen kehitystä mittaava tarjoushintaindeksi, se eroaa talonrakentamisen tarjoushintaindeksistä siten, että sen kehitys ennustetaan aina vuodeksi eteenpäin ja se julkaistaan kaksi kertaa vuodessa. (RT 2016, Pitkänen 2009, s.15-17.)

## **2.2 Talonrakentamisen prosessi**

Kun uuden tilan rakentamisesta on päätetty, käynnistyy rakennusprojekti, joka etenee prosessimaisesti. Talonrakennushankkeen läpivienti on monivaiheinen prosessi, monivaiheisuuden avulla luodaan edellytykset sille, että hankkeessa tehtyjä ratkaisuja voidaan testata ja tehdä projektinaikaiset päätökset tarkoituksenmukaisesti. Talonrakennushankkeen vaiheet etenevät ajallisesti seuraavasti:

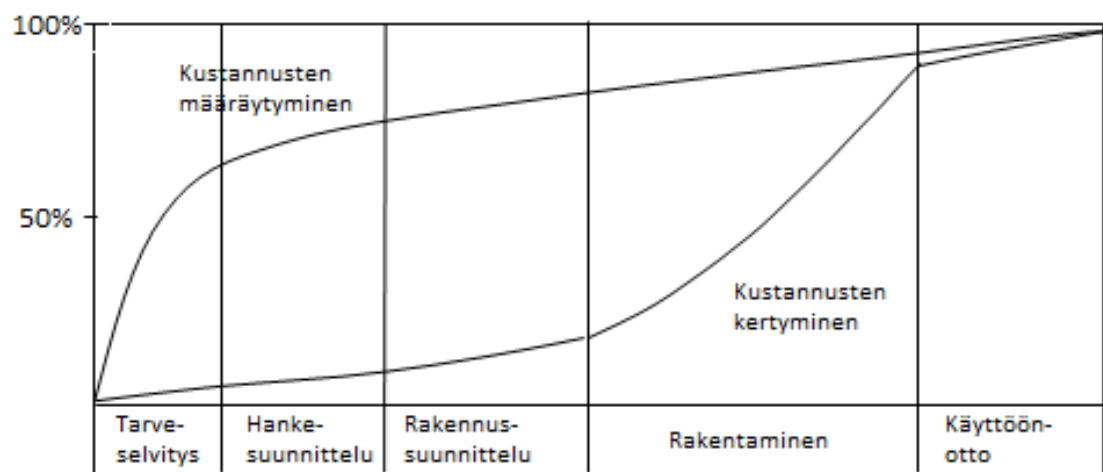
- tarveselvitysvaihe
- hankesuunnittelu
- rakennussuunnittelu, joka kattaa ehdotussuunnittelu-, luonnossuunnittelu- ja toteutussuunnitteluvaiheet
- rakentaminen
- rakennuksen käyttöönotto. (Kankainen & Junnonen 2015, s.7.)

Rakennushankkeen eri vaiheisiin osallistuu useita eri osapuolia, joiden rooli ja tehtävät hanketta kohtaan vaihtelevat. Hankkeen osapuolien tehtävien tuloksena syntyy suunnitelma-asiakirjoja, päätöksiä sekä rakennusluovutuksia, jotka kaikki pyrkivät lopputuotteena syntyvän rakennuksen toteuttamiseen sekä vastaamaan käyttäjän, yhteiskunnan tai

yrityksen syntyneeseen tarpeeseen. Jokaisen vaiheen lopuksi syntyvillä päätöksillä tähdätään ratkaisuihin, jotka luovat puitteet hankkeen tuleville vaiheille tai tehtäville. (Kankainen & Junnonen 2015, s.10.)

Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pääosin hankkeen suunnitteluvaiheessa, jolloin hankkeen laatu-, kustannus- ja aikatavoitteet määritetään. Hankkeen rakentamisvaiheessa suunnitellut kustannukset toteutuvat hankkeen suunnitteluvaiheessa määritettyjen tavoitteiden mukaisesti. Tämän myötä on tärkeää, että rakennuttaja tunnistaa jo hankkeen alkuvaiheessa hankkeen keskeiset kustannuksiin vaikuttavat tekijät ja perustaa päätöksensä realistisiin kustannuspäätöksiin- ja arvioihin. (RT 2016.)

Kuten kuvassa 3 nähdään, rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pääosin hankkeen tarveselvitys- ja suunnitteluvaiheissa, kustannuksien kertyminen ennen rakentamisen aloitusta on vähäistä.



Kuva 3. Ohjeellinen kuva rakennuskustannusten määräytymisestä tavanomaisen rakennushankkeen aikana. (Kankainen & Junnonen 2015, s.42.)

Tässä luvussa kerrotaan yksitellen tavanomaisen talonrakennushankkeen eri vaiheista ja siitä, mitkä ovat hankkeen kannalta kussakin vaiheessa tärkeimpiä kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ja vaiheissa tyypillisesti käytettävistä kustannuslaskentamenettelyistä. Luvun avulla luodaan kokonaiskuva talonrakentamisen kustannuksien muodostumisesta tarveselvitysvaiheesta rakennuksen käyttöönottovaiheeseen.

### Tarveselvitysvaihe

Talonrakennushanke aloitetaan tarveselvitysvaiheella rakennuksen omistajan tai käyttäjän toimesta. Tarveselvitysvaiheessa laaditaan toiminta- ja kiinteistöstrategia, joiden pohjalta tehdään selvitys tarvittavasta tilanhankinnasta. Strategiaa laatiessa arvioidaan organisaation nykyiset tilat ja siellä tapahtuva toiminta sekä ennustetaan mahdolliset muutokset tilojen käytössä. Strategian analyysissä arvioidaan mahdolliset toimintastrategiat ja selvitetään, voidaanko tilantarpeen tyydyttämiseen käyttää esimerkiksi tehostustoimia, tuotantotapojen kehitystä tai mahdollisesti alihankintoja. Strategiassa kuvataan myös, että omistetaanko vai vuokrataanko organisaation toiminnan vaatimat tilat. Tarveselvitys luo kuvauksen tarvittavista tiloista ja niiden ominaisuuksista, vaihtoehtoisista tarpeen tyydyttämiseksi sekä taloudellisista ominaisuuksista. Tarveselvitysvaiheessa luodaan alustava tilaohjelma, jonka ominaisuuksista kerrottiin luvussa 2.1.1. Vaiheen lopputuloksena syntyy myös hankkeen toteutusaikataulu. Kaikkiaan, tarveselvitysvaiheessa kustannuseroja

eri ratkaisujen välillä luovat eri tilantarpeet, tilojen ominaisuudet ja niissä käytettävät ratkaisut sekä rakennuttajan tavoitteet. (Kankainen & Junnonen 2015, s.16, RT 2016.)

Tarveselvitysvaiheen kustannustenlaskentaan voidaan käyttää viitekohdemenettelyä tai tilalaskentaa. Viitekohdemenettelyssä käytetään tietoja aiemmin rakennetun, nykyistä tarvetta vastaavan kohteen toteutuneista kustannuksista. Tilalaskennassa tilaohjelmaan määritettyjen tilojen kustannukset lasketaan tiloittain niitä vastaavilla kustannuksilla. Tarveselvitysvaiheen tuloksena syntyy hyväksytty tarveselvitys ja hankepäätös, jossa tuodaan esille investoinnin kannatustavoitteet, asetetaan hankkeen laatu-, laajuus-, kustannus-, ja aikatavoitteet sekä laaditaan alustavat laskelmat hankkeen investointi- ja ylläpitokustannuksista ja tehdään tuottavuus- ja kassavirtalaskelmat. Tarveselvitysvaiheen tuloksena syntyneen hankepäätöksen jälkeen rakennushankkeen tilaaja tekee yleensä strategisen valinnan hankkeessa käytettävästä toteutusmuodosta, joka määrää tilaajan kannalta hankkeeseen liittyvien rakennuttamis-, suunnittelu- ja rakentamispalveluiden hankintatavan. (RT 2016, Kankainen & Junnonen 2015, s.26.)

### Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelun lähtötietoina toimivat tarveselvitysvaiheen alustava tilaohjelma ja hankkeen toteutusaikataulu. Hankesuunnittelun aikana selvitetään yksityiskohtaisesti rakennushankkeen perusteet, tarpeet ja toteutusmahdollisuudet. Hankkeelle määritetään kustannusohjausta varten täsmällinen kustannustavoite, joka perustuu aika-, laatu- ja laajuusominaisuuksiin. Myös rakennuspaikka ja hankkeen toteutustapa määritetään. Rakennushankkeen vaiheista hankesuunnitteluvaiheessa pystytään eniten vaikuttamaan hankkeesta syntyviin kustannuksiin ja syntyvä kustannustavoite on sitä tarkempi, mitä selkeämmin ja yksityiskohtaisemmin hankkeen tavoitteet asetetaan ja kuvataan. Syntyneen tilaohjelman perusteella lasketaan ja arvioidaan hankkeen kustannuksia. Mikäli kustannusarvio on liian kallis, tehdään tilaohjelmaan muutoksia tilojen koon, määrän ja ominaisuuksien kautta, jotta kustannusarvio saadaan oikeaan tasoon. Hankesuunnitteluvaiheen tuloksena syntyy hankesuunnitelma sekä päätös suunnittelun aloittamisesta. Hankesuunnitelma sisältää tilaohjelman tilojen ominaisuuksineen, selvityksen rakennuspaikasta, kustannukset ja rahoitussuunnitelman sekä aikataulut suunnittelua ja rakentamista varten. Tavoitekustannukset määritetään tilaohjelman, tontin maaperätietojen ja suunnittelutavoitteiden perusteella, hankkeelle luotu budjetti sisältää myös riskivaraukset. (Kankainen & Junnonen 2015, s.20-22, RT 2016.)

Hankesuunnitteluvaiheessa päätetään monista hanketta koskevista pääpiirteisistä asioista, joilla on suuri vaikutus sen kokonaiskustannuksiin. Päätetty rakennusajankohta ja hankkeen aikatavoitteet, sijainti ja rakennuspaikan olosuhteet kaavamääräyksineen vaikuttavat ratkaisevasti hankkeen ominaisuuksiin ja siten syntyviin kustannuksiin. Hankesuunnitteluvaiheessa käytettäviä kustannuslaskentamenettelyjä ovat tarveselvitysvaiheen tapaan esimerkiksi tavoitehintamenettely tai viitekohtamenettely. Tavoitehintamenettely perustuu tilalaskentaan, jossa otetaan myös huomioon hankkeen ominaispiirteet. (RT 2016.)

## Rakennussuunnittelu

Rakennushankkeen suunnittelu voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen, ehdotussuunnitteluvaihe, luonnossuunnitteluvaihe ja toteutussuunnitteluvaihe. Myös rakentamisen aikana saatetaan tarvita täydentävää suunnittelua, joka tukee hankkeen toteuttamista. Täydentävää suunnittelua ovat esimerkiksi erilaiset valmistus- ja asennuspiirustukset. Suunnittelun lähtökohtana toimii hankesuunnitelman sisältö ja sen tavoitteena on saavuttaa paras mahdollinen laatu hankkeen resurssien puitteissa. Suunnitteluvaihe on rakennushankkeen talouden kannalta merkittävässä roolissa, sillä suunnitteluratkaisujen vaikutukset hankkeen kokonaiskustannuksiin ovat laajat, kuten aiemmin todettiin. Kustannustenhallintaa hankkeen suunnitteluvaiheessa kutsutaan kustannustenohjaukseksi tai suunnittelun taloudelliseksi ohjaukseksi. Rakennussuunnitelmien tilaajan tehtävänä on luoda edellytykset suunnittelulle sekä motivoida ja ohjata suunnittelua. Suunnittelun tilaaja vaihtelee tarveselvitysvaiheen tuloksena syntyneen hankepäätöksen jälkeen valitun hankkeen toteutusmuodon vaikutuksesta ja sen tilaajana voi toimia joko rakennuttaja, urakoitsija tai rakennuttajakonsultti. Rakennussuunnittelu koostuu usean eri suunnittelijan yhteistoiminnasta, joita tavallisessa talonrakennushankkeessa ovat arkkitehti, rakenne- ja geosuunnittelijat sekä talotekniikan, kuten LVIS- ja tietojärjestelmäsuunnittelijat. (Kankainen & Junnonen 2015, s.33.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelijoilla on tarkoituksena tuottaa rakennushankkeelle asetettujen tavoitteiden mukainen yleisratkaisu. Yleisratkaisun saavuttamiseksi vertaillaan ja arvioidaan erilaisia toiminta- ja maankäyttömalleja sekä ominaisuuksiltaan erilaisia yleisratkaisuja, jotka luodaan riittävällä tarkkuudella. Täten ratkaisujen toimivuutta, kustannuksia ja soveltuvuuksia hankkeeseen voidaan arvioida ja verrata. Ehdotussuunnitteluvaiheessa tulee suunnittelijoille antaa palautetta eri vaihtoehtoista ja niiden toimivuudesta, sekä ohjata yleisratkaisua kustannusten kannalta. Syntyvien suunnittelumallien kehittäminen on rakennuttajan ja suunnittelijan välistä yhteistyötä, jolla voidaan tehokkaasti vaikuttaa syntyviin kustannuksiin. Kustannuksien kannalta yhteistyön päättävänä tavoitteena on, että suunnitteluratkaisut tukevat hankesuunnitteluvaiheessa määritettyä kustannustavoitetta. Tämän takia suunnitteluratkaisut tulee testata kustannusten osalta ennen niiden hyväksyntää esimerkiksi tavoitehinta-, tietomalli- tai rakennusosalaskentamenetelmällä, jotta ne täyttävät asetetut tavoitteet. Ehdotussuunnitteluvaiheen tuloksena valitaan ehdotussuunnitelma, joka toimii jatkosuunnittelun pohjana. Siinä esitetään valitun suunnitteluratkaisun pääpiirteet, joista ilmenee rakennuksen toiminnallinen ja tekninen yleisratkaisu, sijoittuminen rakennuspaikkaan ja vallitsevaan ympäristöön, perustamisolosuhteet sekä kustannusarvio. (Kankainen & Junnonen 2015, s.37, RT 2016.)

Luonnossuunnitteluvaiheessa ehdotussuunnitelmissa syntyneitä ratkaisuja tarkennetaan. Tässä vaiheessa esimerkiksi rakennuksen sijoittumista sekä toiminnallista, arkkitehtonista ja teknistä mallia tarkennetaan yksityiskohtaisemmaksi ja rakenne- ja LVIS-suunnittelijat esittävät vaihtoehtoja tiloille ja teknisille järjestelmille. Luonnossuunnittelussa esitetään yleisratkaisu pääpiirteittäin, esitetään muun muassa ympäristösuunnitelma, perustamistapa, kantavat ja osastoivat rakenteet, päämateriaalit, tekniset järjestelmät ja rakennustapaselostus. Syntyneet luonnokset asetetaan lausuntokierrokselle niin rakennuksen käyttäjälle kuin tarvittaessa viranomaisille ja asiantuntijoille. Luonnossuunnitteluvaiheen tuloksena on hankkeen tilaajalla hyväksytty yleissuunnitelma, jonka toteutusratkaisuvaihtoehdot on vertailtu esimerkiksi rakennusosalaskennalla hankkeen tavoitehintaan ja vaihtoehdot ovat sen mukaisia. Vaihe päättyy rakennusluvassa vaadittujen asiakirjojen ja pääpiirustusten laadintaan. (Kankainen & Junnonen 2015, s.38, RT 2016.)

Toteutussuunnitteluvaihe on suunnitteluvaiheista viimeinen. Siinä laadittavien asiakirjojen sisältö koostuu työpiirustuksista, joista selviää yksityiskohtaiset tiedot hankkeen määrästä, laadusta ja toteutuksesta urakkatarjousten kyselyä varten. Toteutussuunnitteluvaiheessa selvitetään yksityiskohtaisesti tarpeiden, toiminnan ja käytön asettamat vaatimukset, varmistetaan ratkaisujen ja detaljien toimivuus, asetetaan laadulliset tavoitteet, varmistetaan suunnitelmien hyväksyminen viranomaisten toimesta ja että osasuunnitelmat toimivat kokonaisuutena. Kokonaisuutena toteutussuunnitteluvaiheen tuloksena syntyvät hyväksytyt toteutussuunnitelmat, joiden ratkaisuvaihtoehdot on verrattu taloudellisesti rakennusosa-arvioon tai vaihtoehtolaskelmiin, jotka pohjautuvat suoritteisiin, määriin, työmenekkeihin sekä materiaali ja alihankintahintoihin. Toteutussuunnitteluvaiheessa kustannusarvioihin voidaan vaikuttaa esimerkiksi tuotantoratkaisuiden tai työmenetelmien valinnoilla. (Kankainen & Junnonen 2015, s.38, RT 2016.)

### Rakentaminen

Rakennussuunnitteluvaiheen jälkeen alkaa hankkeen rakentamisvaihe. Rakennusurakoitsijan tehtävänä on valvoa urakkasuorituksensa kustannuksia, aikaa sekä laatua. Kustannuksia valvotaan keräämällä tietoa hankkeen toteutuneista kustannuksista, vertailemalla niitä kustannusarvioon ja tekemällä tarvittaessa mahdollisia poikkeavia toimenpiteitä kustannusten ylitykseen reagoimalla. Rakentamisen edetessä, sitä mukaan, kun hankinnat varmistuvat ja rakentamista pannaan käytäntöön, rakennusurakoitsija vertailee toteutuneita hankintapäätöksiä ja niistä aiheutuvia kustannuksia tavoitearvioonsa ja luo mahdollisimman realistisen ennusteen loppukustannuksista. Tämän myötä luodaan kokonaiskuva kustannuksista, jonka tietoja käytetään ohjeina tulevien hankintojen ja ratkaisujen tekoon. Rakentamisen aikana on rakennusurakoitsijan talouden kannalta tärkeää rakennuttajan edellyttämien suunnitelmanmuutosten sekä lisä- ja muutostöiden hallinta, joista voi syntyä suuria lisäyksiä kustannuksiin. Rakentamisen kustannushallinta päättyy hankkeen osapuolten väliseen taloudelliseen loppuselvitykseen, jossa sovitaan vastuista ja tilisuhteista. (RT 2016.)

### Käyttöönotto

Ennen rakennuksen käyttöönottoa, suoritetaan vastaanottotarkastus, jonka tehtävänä on tarkistaa, täyttääkö rakennus laadittujen sopimusasiakirjojen vaatimukset. Rakennuksen käyttöönottoa varten on rakennusurakoitsijan varmistettava rakennustöiden valmistuminen ja rakennuksessa olevien järjestelmien toimiminen toimintakokein. Tätä kutsutaan urakoitsijan itselle luovutukseksi ennen varsinaista luovutusta, johon on varattava aikaa hankkeen aikatauluun. Vastaanottotarkastuksessa päätetään, ottaako rakennuttaja vastaan urakoitsijan työsuorituksen ja missä laajuudessa kohde hyväksytään vastaanotettavaksi. Kun rakennuskohde otetaan vastaan, urakoitsijan suoritus aika loppuu, työnjohtovelvollisuus päättyy, takuu aika alkaa, rakennuttajalle syntyy maksamattoman urakkahinnan maksuvelvollisuus ja käytön opastus kohteesta annetaan. Kun rakennushanke on valmis ja otettu käyttöön, rakennuttaja ja hankkeen urakoitsijat suorittavat kukin jälkilaskennan ta- hoillaan, jossa tarkistetaan hankkeen onnistuminen ja päivitetään sen kustannustiedot tulevia kohteita varten. (Kankainen & Junnonen 2015, s.88, RT 2016.)

Rakennusprosessi on kokonaisuudessaan tapahtumaketju, joka uudisrakennuskohteissa alkaa siitä, kun syntynyt tilantarve on päätetty tyydyttää rakentamalla uudisrakennus. Prosessi käsittää kaikki toiminnot ja tehtävät, joita tarvitaan rakennuksen aikaansaamiseksi ja ylläpitämiseksi ja se päättyy siihen, kun rakennus otetaan käyttöön. Koivu (2002) toteaa väitöskirjassaan ”Toimintamalli rakennusprosessin parantamiseksi”, että prosessiajattelun omaksuminen on avain työn tuottavuuden, laadun, asiakaslähtöisyyden, tehokkuuden ja suorituskyvyn parantamiseen. Rakennusprosessin kehittämistä on tehty esimerkiksi rationalisoitumisen keinoin, prosessia virtaviivaistamalla tai muutoin tehostamalla niin kauan kuin itse rakennustoimintaakin. Rakennusalan haasteet prosessin kehittämisessä ja systeemin innovaation tuottamiseen luo se, että rakentamisen luonne on erilainen kuin esimerkiksi teollisten kappaletavarojen tuotannossa ja sarjatuotannossa, tavallisesti rakennusprojektit ja lopputuotteena syntyvät tuotteet ovat yksilöllisiä, tuotantoympäristöltään uniikkeja ja projektiorganisaatioltaan kertaluontoisia, joiden toimintakulttuuri on rakentunut vuosikymmenten kuluessa. (Koivu 2002, s. 12-13.)

Yleisesti prosessien myötä syntyvä lopputuote tai palvelu tuottaa sitä käyttävälle asiakkaalle hyötyä tai on hänelle arvokas. Itse prosessi on suhteessa tarpeeseen, arvoon, taloudellisuuteen ja siitä syntyviin hyötyihin. Prosessin parantamisella saavutettu hyöty on arvon ja kustannusten välisen suhteen parantamista, jota kuvataan edullisuudella. Prosessissa, käyttäjän tarpeisiin vastaamisen tärkeyttä ei voida riittävästi korostaa. Mikäli lopputuotteen tuotetaan lisäarvoa paremman toimivuuden kautta, on käyttäjä tyytyväisempi. Tämä taas vaikuttaa rakennuksen arvoon, joka voidaan mitata esimerkiksi vuokran nousemisen kautta. Prosessin ja sen kautta laadun parantaminen hyödyntää myös hankkeen omistajaa, jonka riskit investointiin pienenevät. Yksi esimerkki prosessin parantamisesta on prosessin nopeutuminen, joka tuottaa kaikille hankkeen osapuolille hyötyä ja pienentää hankkeen kokonaiskustannuksia huomattavasti. Rakentamisen prosessin parantamisella voidaan painottaa myös poikkeamien ehkäisyä, jolla on selkeä riskiä vähentävä vaikutus. Tällöin lopputuotteen myyminen on helpompaa, sillä mahdollisen omistajan on varmempaa sijoittaa rakennuskohteeseen, jonka toteuttajat panostavat ylimääräisten kustannusten ja aikatauluviiveiden ehkäisyyn ja yhteistyön sujuvuuteen. On myös huomattavaa, että rakennushankkeen pääurakoitsija lisää kustannusarvioon myös riskivaruuden ja mikäli riskit eivät toteudu, varaus siirtyy hankkeesta saatavaan katteeseen. Näiden seikkojen myötä, rakennusprosessin tehokkuudella on tärkeä merkitys hankkeen taloudelliseen lopputulokseen ja prosessin lopputuotteena syntyvän rakennuksen hyötyihin. (Koivu 2002, s. 22-25.)

Perinteisesti, rakennusprosessi on nähty konversiomallina, jossa prosessi koostuu osista ja toiminnoista, jotka kaikki tähtäävät samaan tuotokseen tai tulokseen. Prosessi on myös nähty samanaikaisesti konversiona, virtoja ja arvon lisäämistä sisältävänä, niin kutsutun TFFV-teorian mukaan (transformation, flow, value generation). Konversionäkökulma perustuu ajatukseen, että tuotannossa syötteet muunnetaan tulosteiksi. Tällöin tuotannon tehostustoimia ovat työn osittelu ja toimivan organisaation muodostaminen. Virtausnäkökulma selostaa tuotannon prosessia materiaalien ja työn virralla, joka koostuu konversiosta, tarkastamisesta, siirtämisestä ja odottamisesta. Virtausnäkökulmassa tuotannon tehostaminen tapahtuu hukan ja arvoa tuottamattomien osien minimoimisella esimerkiksi prosessin jatkuvalla parantamisella sekä työn ja materiaalin jatkuvan virran mahdollistamisena. Arvonlisäyksen näkökulmasta prosessissa arvoa tuotetaan asiakkaan vaatimusten täyttämiseksi, jolloin arvon vähenemistä minimoidaan esimerkiksi laatuvaatimukset täyttävällä prosessin hallinnalla. (Koivu 2002, s. 34-35.)



Rakennusalan toimijat etsivät rakentamisen prosessin tehostamiskeinoja yritysten ulkoisten ja sisäisen painostuksien takia säilyttääkseen kilpailukykynsä. Tämän myötä yritysten tulee jatkuvasti tarkkailla, mitailla, arvioida ja parantaa tuotannon prosessejaan (Dave & Appleby 2015, s.2). Munstermann ja Weitzel (2008) nostavat tutkimuksessaan esille prosessien standardisoinnin suorituskyvyn parantamisen keinona. Standardisoinnin keinona rakennusosalalla on esimerkiksi konseptirakentaminen, jossa standardisoinnin ja tuotteistamisen avulla haetaan hyötyjä rakentamisen tehokkuuteen. Dave ja Appleby (2015) nostavat tapaustutkimuksessaan esille Lean-rakentamisen edut rakentamisen tehokkuuden ja prosessin suorituskyvyn parantamisessa. Bougrain ym. (2010) tutkivat työssään rakentamisen teollistumista ja sen eri strategioita. Teollisista rakennusprosesseista on esimerkkinä muun muassa modulaarinen rakentaminen ja tuoteosien esivalmistus, joka on laajasti nostanut suosiotaan viime aikoina. Kaikki edellä mainitut ovat keinoja rakentamisen prosessin ja tehokkuuden parantamiseen, joita käsitellään seuraavaksi.

## **2.3 Konseptirakentaminen**

Monet rakennusalan yritykset ovat tuoneet markkinoille asuinrakennusten konsepteja, joissa haetaan kohtuuhintaisten asuntojen tuottamista. Kohtuuhintaisten konsepteilla pyritään herättämään kuluttajien kiinnostusta konsepteja kohtaan markkinoilla, joissa asuinrakennusten hinnat ovat kasvaneet kysynnän ja kiivaan rakentamisen johdosta hyvässä noususuhdanteessa. Rakennuslehden artikkelissa (2017) ”Asuntoja haluttaisiin tehdä konseptoidusti ja edullisesti kuin autoja” todetaan, että markkinoilla olevien asuinrakennuskonseptien lähtökohtana on asuntojen neliömäärän karsiminen, tuotteen monistettavuus ja teolliset rakennusprosessit. Asuinrakennusten konseptointiin liittyy vahvasti termi tuotteistaminen, jota yritykset ovat tehneet luodessaan uusia asuinrakennusten konsepteja. Tässä luvussa kerrotaan konseptoinnista ja tuotteistamisesta, sekä markkinoilla olevista asuinrakentamisen konsepteista.

### **2.3.1 Konseptit ja konseptointi**

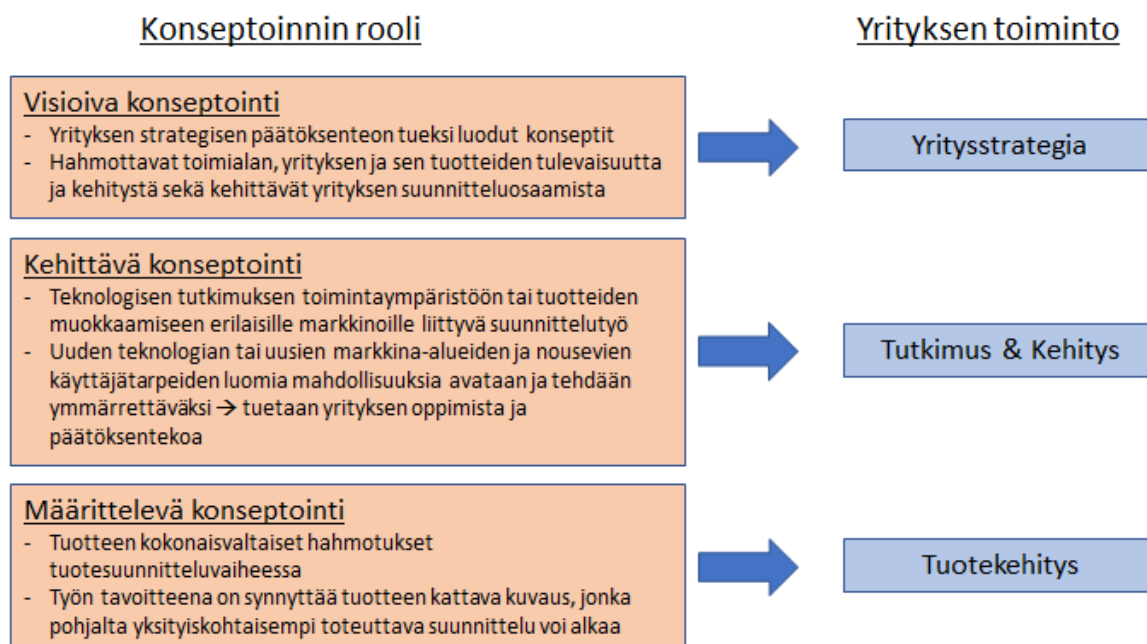
Sanalla konsepti voidaan käsittää useita eri merkityksiä. Bisgaard ja Hogenhaven (2010), käsittelevät uuden konseptin, tuotteen tai palvelun luomista teoksessaan ”Creating new concepts, products and services with user driven innovation”. Heidän mukaansa, yritykset etsivät uusia innovaatioita menestyäkseen kilpailevilla markkinoilla ja nämä innovaatiot voivat johtaa uuden konseptin luomiseen. Konsepti voi olla konkreettinen tuote tai palvelu, mutta se voi kuvata myös yrityksen uutta toimintatapaa, jonka avulla mahdollistetaan uusien tuotteiden ja palvelujen kehittäminen. Teoksessaan Bisgaard ja Hogenhaven painottavat yritysten uusien innovaatioiden etsinnässä avoimen ja jaetun ympäristön tärkeyttä, sillä yritysten täytyy ymmärtää, että innovaatioiden aikaansaamiseksi on tärkeää käsittää, kenelle uutta konseptia ollaan luomassa. Konseptin kehittämisessä täytyy myös ymmärtää kohderyhmän tarpeet ja heidän kysyntä, jotta konseptia voidaan ohjata oikeaan suuntaan. Myös loppukäyttäjä voi olla mukana konseptin kehityksessä, jolloin konseptin luomiseen saadaan käyttäjälähtöinen näkökulma. (Bisgaard & Hogenhaven 2010, s.13-14.)

Kirja ”Tuotekonseptointi” (2003) määrittelee konseptin ennakoivaksi, perustelluksi, oleelliseen keskittyväksi ja ymmärrettäväksi kuvaukseksi tuotteesta. Konseptilta vaadittuja ominaisuuksia avataan kirjassa seuraavasti:

- Ennakoiva viittaa siihen, että konsepti esitetään ennen varsinaisen tuotekehityksen tuloksena syntynyttä määrittelyä tuotteesta.
- Konseptin tulee perustella itseään oletettavien käyttäjien tarpeiden ja mieltymysten sekä kilpailijoiden toiminnan avulla.
- Konseptin on keskityttävä perustelussaan niihin seikkoihin, jotka erottavat sen jo olemassa olevista kilpailevista tuotteista ja konsepteista.
- Konseptia esiteltäessä markkinoille, tulee välitettävän viestin olla selkeässä ja helposti ymmärrettävässä muodossa. Esittelyssä voidaan käyttää esimerkiksi käytöskenaarioita, konkreettisia malleja ja simulaatioita sekä metaforia ja vertauskuvia. (Keinonen & Jääskö 2003, s.36-37.)

Tuotesuunnittelu on osa tuotteen valmistamisen prosessia. Yleisesti, tuotteiden tulee täyttää niiden käyttäjien tarpeet ja tuotteiden vaihdannan myötä syntyy liiketoimintaa. Keinonen ja Jääskö (2003) toteavat, että tuote käsitteenä on vakiintunut tarkoittamaan markkinoille tuotavaa vaihdannan kohdetta. Tuotesuunnittelunomaiseen toimintaan, joka ei välittömästi tähtää tuotannon ohjeistukseen tai tuotteen markkinoille tuloon viitataan sanoilla konseptisuunnittelu tai konseptointi. Konseptisuunnittelu voidaan nähdä tuotteen esisuunnitteluna, niin kutsuttuna tuotekehityksen alkupäänä, jonka aikana määritellään suunnittelun päälinjat. Tämän suunnitteluvaiheen jälkeen voidaan tuotekehitystä jatkaa kohti tuotteen toteutusta. Konseptisuunnittelu valmistaa yritystä tuleviin ratkaisuihin tunnistelemalla eri vaihtoehtoja. Konseptiprojekteissa uusien kokeilujen ja niistä syntyvien mahdollisten epäonnistumisien kautta oppiminen on mahdollista, sillä konseptisuunnittelussa ei ole samalla tavalla määritettyä onnistumisen ja virheettömyyden pakkoa kuin normaalissa tuotesuunnittelussa. Tämä mahdollistaa rohkeidenkin suunnitteluratkaisujen syntymisen, lupaa epäonnistua voidaan verrata yksilön oppimisessa nähtävään epäonnistumisesta oppimiseen. Lupa epäonnistua mahdollistaa myös uusien toimintamuotojen ja yhteistyön syntymisen yrityksen ulkopuolelle. (Keinonen & Jääskö 2003, s. 28-29, 33.)

Useilla toimialoilla, tuotteiden kehittäminen oleellisten parannusten, koko tuotteen sekä sen tuotannon ja teknisten ominaisuuksien muuttamisen keinoin luo edellytykset pysyä mukana kilpailevilla markkinoilla ja saavuttaa kilpailuetu muita markkinoilla toimijoita kohtaan. Tuotteiden kehittämisen mahdollistamiseksi, on luotava mahdollisuus toteuttaa suunnittelutyötä, jossa irrottaudutaan tuotannon konkreettisista reunaehdoista ja myynnin lyhyen aikavälin tuottotavoitteesta. Konseptoinnissa on täten katsottava pidemmälle tulevaisuuteen ja löydettävä aihioita kehitettäväksi tuotteiksi. Konseptoinnilla on useita rooleja yrityksen toimintoihin nähden, joita ovat visioiva-, kehittävä- ja määrittelevä konseptointi. Kyseiset roolit ja niiden vaikutus yrityksen toimintoihin on esitetty tarkemmin kuvassa 4. Keinonen ja Jääskö (2003) sanovat kirjassaan ”Tuotekonseptointi”, että keskeistä tuotekehittämisessä on luoda edellytykset innovaatioille, jota myös Bisgaard ja Hogenhaven (2010) pitävät keskeisimpänä asiana. (Keinonen & Jääskö 2003, s.30-31.)



Kuva 4. Konseptoinnin roolit yrityksen eri toimintoihin nähden. (Keinonen & Jääskö 2003, s.40-41, mukaillen.)

Markkinoiden odotuksiin voidaan vaikuttaa esittelemällä tuote mainonnassa ja lehdistössä, jolloin mukautuminen uuteen tuotteeseen alkaa jo ennen kuin kuluttajalla itsellä on kyseistä tuotetta. Konseptien esittelyjen nostamaa kiinnostusta voidaan mitata ja ottaa huomioon tuotetta markkinoille tuotaessa. Viestimällä tuotekonsepteista voidaan rakentaa markkinoiden odotuksia ja sillä voidaan vaikuttaa myös yrityksen imagoon esimerkiksi kiinnostavana sijoituskohteena. Tuotekonsepti voidaan siis nähdä tuotteena, joka on valmisteltu niin, että se lupaa käyttäjälle odotuksia ennen kuin itse tuotetta on edes valmistettu ja jonka avulla voidaan pehmentää markkinoita uusille ratkaisuille ja vaikuttaa kuluttajien odotuksiin. (Keinonen & Jääskö 2003, s.34-35.)

Konseptiajattelu rakennusalalla on nostanut suosiotaan rakennusyritysten lanseeratessa uusia rakentamisen konsepteja. Rakennusalalla konseptin kehitys ei kuitenkaan noudata täsmällisesti esimerkiksi Keinosen ja Jääskön (2003) esittämää konseptin kehittämisen mallia, jossa epäonnistumisen kautta opitaan. Rakennusprojektien ollessa kustannuksiltaan miljoonaluokan suuruisia, konseptien kehittämisessä ei ole varaa luoda useita prototyyppiejä vaan konseptin tulee olla viimeistelty jo ennen ensimmäisen konseptirakennuksen valmistusta. Konseptiajattelulle on rakennusalalla tilaa, sillä markkinoilla on kysyntää kohtuuhintaisille asunnoille, joissa lopputuote vastaa käyttäjän vaatimuksiin ja valmistamisen prosessi on kehittynyt. Konseptirakentamisen pyrkimyksenä on rakentaa toistuvasti samantyyppistä konseptia, jonka myötä saavutetaan kustannustehokkuutta, sillä prosessi voidaan monistaa hankkeesta toiseen samaan aikaan kehittämällä itse prosessia. Bougrain ym. (2010) toteavat tutkimuksessaan, että rakennusprosessin teollistaminen on avain tuotantokustannuksien pienentämiseen ja projektien rationalisointiin. Useimmat rakennusalalla olevat asuinrakennusten konseptit pyrkivät hyödyntämään teollisia tuotantoprosesseja tuotannossaan.

### 2.3.2 Tuotteistaminen

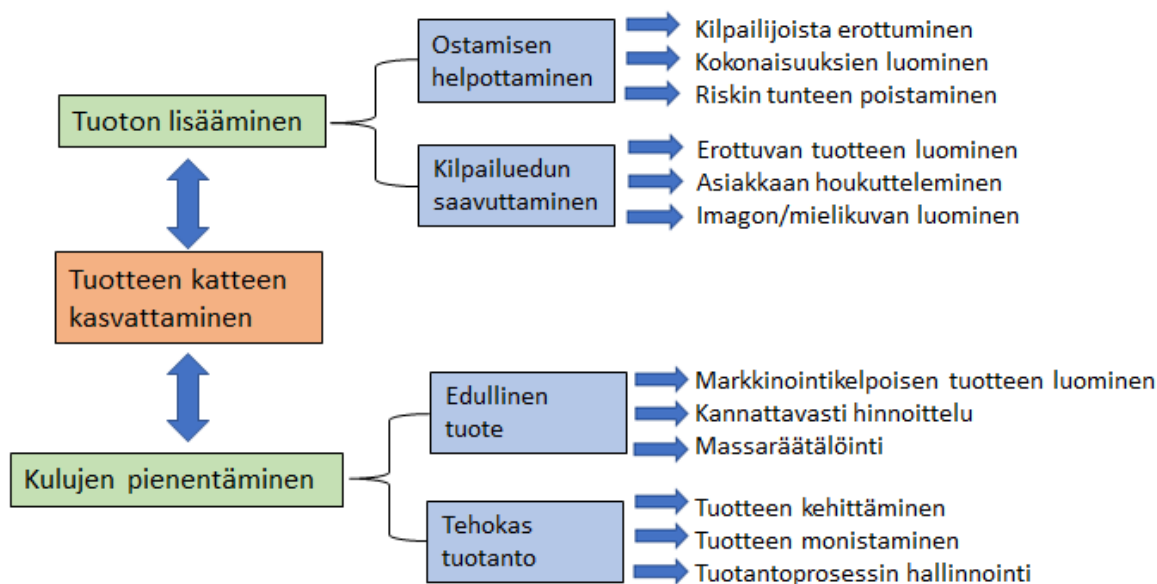
Tuotteistaminen on käsite, jolla on monia eri määritelmiä. Tuotteistamisen perusajatuksena on uuden kilpailukykyisen tuotteen tai palvelun kehittäminen ja sen tuominen markkinoille (Kamk 2017). Parantainen (2007) määrittelee kirjassaan tuotteistamisen työnä, jonka tuloksena asiantuntemus tai osaaminen jalostuu myynti-, markkinointi- ja toimituskelpoiseksi palvelutuotteeksi. Rakennusosalalla asuinrakennuskonseptien luomisessa käytetään tuotteistamisen keinoja tuotekehitysprosessissa, jolla pyritään tuomaan markkinoille tuote, joka vastaa kuluttajien kysyntään.

Tuotteistamisen tarkoituksena on määrittää palvelun tai hyödykkeen ominaisuudet ja käyttötarkoitus mahdollisimman tarkkaan. Sen tarkoituksena voi olla myös jo olemassa olevan palvelun tai tuotteen sisällön, hinnan ja käyttöehtojen määrittelyä ja paketointia kokonaisuuksiksi, jotka voidaan versioida eri käyttötilanteisiin sopiviksi. Tuotteistaminen liittyy tilanteeseen, jossa yrityksellä on olemassa tuotteesta hahmotelma tai prototyyppi, josta halutaan tehdä varsinainen tuote, mikä liittyy vahvasti konseptin tuomiseen markkinoille. Tuotteistuksen tavoitteena on saada markkinoille kilpailukykyinen tuote, tyydyttää asiakkaiden tarpeet, saada arvio tuotteen hinta-/laatusuhteesta ja tuotteistuksen edelleen kehittäminen. Tuotteistamisen avulla saavutettavia hyötyjä ovat:

- Toimitussisällön vakiintuminen, jonka myötä tuotteen tai palvelun hinta voidaan määrittää jopa kiinteäksi.
- Tiedon monistuminen, joka edesauttaa tuotteen tai palvelun tarjoamista ja toteuttamista. Tiedon monistumisen mahdollistaa vakiintunut toimitussisältö
- Uuden tuotteen markkinoille tuomisen riskit pienenevät tuotteen ollessa tarkkaan ennakkoon määritelty.
- Saadaan realistinen kuva tuotteen hinta-/laatusuhteesta. (Kamk 2017, Parantainen 2007, s.14-15.)

Tuotteistetun ja tuotteistamattoman palvelun tai tuotteen eroina voidaan pitää sitä, että tuotteistettuna, palvelu tai tuote on helpompi ostaa, se on ominaisuuksiltaan vahvempi, tehokkaammin myytävissä ja markkinoitavissa ja sen monistaminen on helpompaa. Monistettavuus luo tuotteelle monia hyötyjä, sillä sen avulla asiantuntijatietoa voidaan siirtää yksilöltä toiselle, se mahdollistaa oppimisen eri tuoteyksilöiden, kuten rakennushankkeiden välillä ja monistettavuus luo edellytykset tuottamisprosessin kustannustehokkuuteen ja sen jatkuvaan parantamiseen. Tuotteistamisella määritetään mitä palvelu tai tuote kattaa ja sen avulla vakioidaan prosessit ja luodaan rutiineja sekä toimiva tuotantojärjestelmä. Tuotteen tuotteistamisessa määritetään tuotannon prosessi, johtaminen, ohjeet, käytettävät välineet ja menetelmät sekä hankinnat ja pyritään kehittämään tuote markkinakelpoiseksi. Esimerkiksi asuinrakennuskonsepteissa määritetään rakenteiden ja tekniikan tuotantojärjestelmät ja menetelmät sekä mahdolliset esivalmistusprosessit. Tuotteistuksen lopputuloksena syntyy tuotteelle nimi ja tuotteen kuvaukset asiakas- ja tuotanto-lähtöisesti. (Parantainen 2007, s.14-16, 38, Kamk 2017.)

Tuotteen tai palvelun tuotteistamisella on useita hyötyjä ja itse tuotteistajan tehtävänä on rakentaa apuvälineitä, jolla hyödyt saavutetaan. Lähtökohtaisesti tuotteistamisella haetaan katteen kasvattamista, joka mahdollistetaan tuottoja lisäämällä ja kuluja pienentämällä. Kuva 5 esittää tuotteen katteen kasvattamisen keinoja. Kun kuluttajan ostamisesta ja ostamispäätöksestä tehdään helppoa sekä saavutetaan kilpailuetu markkinoilla, tuotteesta saatavat tuotot kasvavat. Kun taas tuotantoa tehostetaan ja markkinoille luodaan edullinen, kysytty ja kannattavasti hinnoiteltu ja massaräätälöity tuote, liiketoiminnan kulut pienenevät. (Parantainen 2007, s.37-38.)



Kuva 5. Tuotteen katteen kasvattamisen keinoja. Tuotteistamisen tavoitteena on tuotteen tai palvelun katteen kasvattaminen, joka saavutetaan lisäämällä tuottoja ja pienentämällä kuluja samanaikaisesti. (Parantainen 2007, s.37 mukaillen.)

Rakennusalan konsepteissa tuotteistamisen keinoista esimerkiksi monistamisella saadaan suuri hyöty konseptien toteuttamisen tehokkuuteen. Esimerkiksi modularisoinnin avulla tuote saadaan helpommin monistettua ja tuoteosien esivalmistus tekee tuotannosta tehokkaampaa. Konseptien toteuttamisessa hyödynnetään myös oppimista projektien välillä, mikäli huomataan tuotannon tehostuskeinoja, on ne helposti siirrettävissä tuleviin projekteihin ja luodaan mahdollisuus jatkuvaan oppimiseen projektien välillä. Asuinrakennuskonseptien avulla pyritään luomaan tehokas tuotanto, jonka lopputuote vastaa kuluttajien kysyntään ja jossa esimerkiksi massaräätelöinnin avulla saadaan kuluttajille tunne siitä, että he pystyvät räätälöimään asunnostaan omanlaisensa.

### 2.3.3 Asuinrakentamisen konseptit

Suomessa asuinrakentamisen markkinoilla rakennusyritykset tarjoavat tällä hetkellä useita erilaisia konsepteja, joissa on omat tyypilliset toisistaan eroavat piirteensä. Antti Pirinen (2015) toteaa rakennuttamisen artikkelissaan ”Asukas ja arvo”, että markkinoilla olevilla tuotteistetuilla asuntokonsepteilla rakennuttajat osoittavat pyrkimystä tuottaa arvoa asukkaille erilaistamalla asuntotarjontaa. Pirisen mukaan rakennusteollisuuden asuntosuunnittelu on pitkän aikaa perustunut kaavamaiseen käsitykseen niin kutsutusta keskivertoasukkaasta, eikä asuntotyyppeihin ole ollut saatavilla variaatioita, joka on johtanut luokiteltuihin ja laadullisesti yksipuolisiin asuntoratkaisuihin sekä asukasohjattavuuden vähäisyyteen. (Pirinen 2015.)

Asuinrakentamisen konsepteissa asumisen yksilöllisyys ja asukaslähtöisyys korostuvat ja rakennuttajat näkevät yhä enemmän asukkaan kuluttajana, joka tekee yksilöllisen elämäntapansa perusteella valintoja, joiden vaatimukseen asuntotuotteen olisi vastattava yhä tarkemmin. Tämän perusteella asukastiedon ja asukaslähtöisen suunnittelun merkitys asuntojen arvon lisäämisessä on yhä suurempi. Hyvä asuntosuunnittelu edellyttää siis käyttäjäkohtaisen erityisyyden ja kestävänsä yleispätevyyden yhteensovittamista, sillä rakentamisen lopputuotteen elinkaari on pitkä. Rakennusteollisuuden ja asukkaiden tavoitteita vertailemalla voidaan nähdä niiden myötä syntyvän arvojännitteen, joka vai-

kuttaa asumisen suunnitteluun. Rakennusteollisuuden tavoitteena on hakea arvoa tuotteiden vakioimisella ja monistettavuudella, kun taas asukkaat arvostavat asumisessaan yhä enemmän yksilöllisyyttä ja asuntojen personoitavuutta mikä aiheuttaa osittaisen ristiriitailanteen osapuolten arvojen välillä, jossa rakennuttajien ja suunnittelijoiden on tasapainoiltava. (Pirinen 2015.)

Asukkaiden tarpeita kuulosteleva asuntotarjonnan laadullinen monipuolistaminen hukkaamatta teollisen massatuotannon etuja, on luonut haasteita erityisesti kerrostalorakentamiseen, johon rakennusyritykset ovat pyrkineet vastaamaan asuinrakentamisen konsepteilla. Konsepteissa esimerkiksi massaräätälöinti tarjoaa keinon asuntotarjonnan monipuolistamiseen ja samanaikaisesti teollisen massatuotannon hyväksikäyttöön. Parantainen (2007) käyttää massaräätälöinnistä esimerkkiä autoteollisuudesta, katukuvassa harvoin nähdään täysin identtisiä autoja, sillä kaikki autot rakennetaan ennalta määrätyistä moduuleista kunkin asiakkaan toivomusten mukaan ja erilaisia varusteyhdistelmiä on lukemattomia. Asiakas saa tarpeittensa mukaan muokatun ratkaisun ja autoja tuottava tehdas pystyy tuottamaan auton paljon perinteistä räätälöintiä tehokkaammin, sillä kokonaisuus muodostuu ennalta vakioiduista osista. Massaräätälöinti myös helpottaa lopputuotteen myymistä, sillä myyjällä on määritettyä kunkin muokatun ratkaisun hinta, jonka myös asiakas pystyy löytämään toimitussisältöineen esitteistä. Pirinen (2015) kuitenkin toteaa, että asuntoteollisuudessa massaräätälöidyt ratkaisut ovat usein kehitetty pitkälti tuotannon ehdoilla, eivätkä ne välttämättä tuo merkittävää lisäarvoa asiakkaalle. (Parantainen 2007, s.92, Pirinen 2015.)

Rakennusliikkeiden tarjoamissa konsepteissa on nähtävissä useita eri ratkaisuja ja lähestymistapoja tuotannon tehostamiseen ja asiakkaan tarpeiden huomioon ottamiseen. Konseptin lähtökohtana on esimerkiksi tietylle asiakasryhmälle suunnattuja pelkistettyjä kokonaisratkaisuja, kuten rakennusyritys Skanskan ja huonekalujätti Ikean yhteistyönä syntyneessä BoKlok-konseptissa. Saton Pluskoti-konseptissa on avoimen rakentamisen keinoin mahdollistettu tilallinen muuntelu, NCC:n Ideakoti-konsepti taas tarjoaa variaatiota ennalta suunniteltujen suunnittelupakettien avulla ja Saton Uusloft-konseptissa asukkaalle itselle jätetään viimeisteltäväksi asunnon tilat. Tyypillisesti rakennusliikkeiden tarjoamissa konsepteissa hyödynnetään tuotannollisteknologisia innovaatioita, joiden tavoitteena on konseptin laaja monistettavuus mikä nähdään esimerkiksi teollisten rakennusprosessien hyödyntämisenä ja moduulirakentamisena. (Pirinen 2015.)

Rakennuslehden (2017) artikkelissa, ”Asuntoja haluttaisiin tehdä konseptoidusti ja edullisesti kuin autoja”, perehdytään markkinoilla oleviin asuinrakennuskonsepteihin. Artikkelissa korostetaan, että asuntojen neliömääristä tinkiminen ja teolliset ratkaisut kuuluvat konseptien tyypillisiin piirteisiin ja että yksinkertaisuus ja taloudellisuus ovat piirteitä, joita rakennusalan konseptirakentamisen toimijat peräänkuuluttavat. (Mölsä 2017.)

Yleisesti tapa rakentaa on nähty kalliina ja tehottomana. Tämän myötä rakennusliikkeet ovat kehittäneet asuinrakentamisen konsepteja, joiden tuotannossa käytetään rakentamista tehostavia keinoja. Asuinrakennusten tuotannon tehostustoimien myötä, rakentamisen sekä asuntojen myyntihinta pienenee, mikä herättää kiinnostusta kuluttajien keskuudessa. Esimerkiksi Skanskan BoKlokkit ovat kaksikerroksisia luhtitaloja, joissa on pelkistetty pohjaratkaisu ja puujulkisivu. Talojen perusosana on kaksi täysin valmista tilaelementtiä, jotka liitetään yhteen perustusten päälle, jonka jälkeen esivalmistettu kattoelementti asennetaan tilaelementtien päälle. Boklokin kustannusetu saavutetaan pääasiassa aikataulun kautta, sillä talot valmistuvat yhdeksässä kuukaudessa. Tulevaisuudessa BoK-

lok-konsepti on tavoitteena laajentaa myös kerrostaloihin. Monet rakennusyritysten konsepteista perustuvat moduuliajatteluun, jossa esimerkiksi kylpyhuone ja keittiö toteutetaan yhtenäisenä moduulina, kuten esimerkiksi YIT:n Smartti-konseptissa sekä Lehdon ja Lapwallin-konsepteissa. Näiden konseptien suunnittelu alkaa kylpyhuoneen ja keittiön suunnittelemisesta yhdeksi kokonaisuudeksi, mikä sanelee isolta osaltaan asuntojen tilojen määrittystä, mutta luo konsepteille kustannustehokkuutta ja mahdollisuuden rakennusten tuotantoprosessin teollistamiseen. Rakennuslehden artikkelissa ”Rakennusliikkeiden uudet konseptit yksiöistä ovat vielä raakileita”, todetaan Skanskan BoKlok-konseptin olleen kehityksessä pitkään, mikä näkyy suunnittelun tasossa muihin kilpailijoiden konsepteihin verrattaessa. Kommentin sisältö perustuu konseptien kehittämisen prosessiin, johon kuuluu jatkuva oppiminen ja monistettavissa olevan konseptin kehittäminen eri hankkeiden välillä. (Mölsä 2017.)

Monet markkinoilla olevista konsepteista tarjoavat asunnon ostajalle mahdollisuuden räätälöidä asunnon ominaisuuksia haluamakseen. Esimerkiksi YIT:n Smartti-konsepti tarjoaa asunnon ostajalle mahdollisuuden muuttaa asunnon sisustustyyliä massaräätälöityjen vaihtoehtojen välillä ja Lapwallin Leko-konseptissa asuntoon toteutettavan kylpyhuone-keittiö-moduuliin tilasisältöön pystyy vaikuttamaan päättämällä, ottaako moduuliin kylpyhuoneen lisäksi erillisen wc:n, saunan tai ei kumpaakaan näistä (YIT internetsivut 2017, Lapwall internetsivut 2017). Tälle asiakaslähtöiselle ajattelutavalle on kysyntää markkinoilla, joka ilmenee esimerkiksi Tampereen Teknillisen Yliopiston tekemän SEVERI-tutkimushankkeen (Viita ym. 2013) perusteella, jossa tutkittiin suomalaisten ihanneasunnon ja uudisasunnon valintaperusteita. Tutkimuksessa kävi ilmi, että esimerkiksi asuntoihin sijoitettava sauna on selkeä mielipiteen jakaja asunnon ostajien keskuudessa. Lähes 40% tutkimukseen vastanneista piti saunaa ehdottoman tärkeänä, mutta jopa 13% vastanneista vastusti sitä yhtä voimakkaasti. Tutkimuksessa nousi esille myös, että omaa saunaa, vaatehuonetta ja erillistä wc:tä arvostettiin asunnon ominaisuuksista lähes yhtä paljon. Lisäksi on huomattavaa, että ne vievät asunnosta suurin piirtein saman verran pinta-alaa (Viita ym. 2013, s.21-22). Tutkimusten tuloksista voidaan päätellä, että asuinrakennuskonseptien tarjoamat muutosvariaatiot asukkaiden hankinnassa olevan asunnon räätälöintiä varten, luo tervetullutta muutosta asuntojen tuotantoon, joka täten vastaa entistä paremmin eri asiakasryhmien tarpeisiin.

Rakennusyritys Skanskan toteutuneiden BoKlok-konseptiasuntojen myynnissä on huomattu, että hinnan asettuessa kuluttajien näkökulmasta kohtuulliseksi, ihmiset ovat alkaneet arvostaa asunnon väljyyttä toisella tavalla kuin silloin, kun asunnon hinta on ollut maksukyvyyn rajoilla. Tämän myötä yksiöiden sijaan kaksioiden suosio on kasvanut. Kohutuuhintaisten kaksioiden suosituin neliömäärä on Skanskan suorittamien kyselyjen mukaan ollut 50 neliömetriä, sijoittajien suosiman 40 neliömetrin sijaan. Rakennuslehden (2017) artikkelin mukaan kaavoitus vaikeuttaa vakioidun tuotannon hyödyntämistä Suomessa ja esimerkiksi Ruotsissa kaavoitus on vähemmän määräilevää. Monesti kaavat on laadittu tarkasti ilman tulkinnanvaraa, jonka tiukkojen reunaehtojen mukaan kohteiden suunnittelu toteutetaan yrittäen luoda asuntoja, joihin kuluttajilla olisi varaa. Vakioidun tuotteen kohdalla kaavamääräysten aiheuttamat muutokset siirtyvät asukkaan maksettavaksi, jolloin vakioitu tuote menettää monistamisen ja vakioidun tuotantoprosessin luomia hyötyjä. (Mölsä 2017.)

## 2.4 Teolliset rakennusprosessit ja modulaarinen rakentaminen

Tänä päivänä teollisten rakennusprosessien hyödyntäminen rakennusalaalla vastaa rakennusyritysten kohtaamiin haastaviin ja muuttuviin markkinatilanteisiin tuotantoteknisten ominaisuuksiensa avulla. Yksi rakentamisen teollista suuntautumista ajava tekijä on se, että rakennusteollisuuden täytyy vastata asiakkaiden tarpeisiin yhä selvemmin, joka johtaa yksilöityihin lopputuotteisiin, jolloin yritysten täytyy tuottaa entistä useampia tuotevariaatioita. Toinen rakennusteollisuuden kehitystä yhä teollisempaan suuntaan ajava tekijä on jatkuva kilpailu markkinoilla, jonka myötä yritysten on tehostettava toimintaansa, alennettava kustannuksia, parannettava laatua ja pienennettävä rakennusten tuotantoaikoja. Kolmas teollisten rakennusprosessien myötävaikuttaja on myös se tosiasia, että teknologian kehittyessä nopeasti, rakennuksista tulee yhä monimutkaisempia ja rakentamisen olosuhteet muuttuvat jatkuvasti. (Miller & Elgård 1998)

Teollisten rakennusprosessien kuten tuoteosien esivalmistuksen ja modulaarisen rakentamisen hyödyntäminen rakentamisen tuotannon tehostamiskeinona on kasvava trendi. Rakennusala on usein nähty kärsivän innovaatioiden puutteesta verrattaessa muihin aloihin, jonka syynä voidaan pitää alan pirstoutuneisuutta, hankintaprosessin perustumista pääosin tarjouskilpailuihin sekä alalla työskentelevien vanhoillisuutta ja kynnystä uuden oppimiselle. Esimerkkinä edellisten vuosikymmenten rakennustuotannon yleisestä tehottomuudesta verrattaessa muihin aloihin Picard (2000) toteaa artikkelissaan ”Industrial construction efficiency and productivity”, että The US Bureau of Labor Statistics:n laskelmien perusteella, rakennusalan työn tuottavuus on laskenut Yhdysvalloissa 1960-luvulta 2000-luvulle saakka noin 0.5% vuodessa., kun taas muut alat ovat keskimäärin parantaneet työn tuottavuuttaan 1.7% vuodessa. Tämän perusteella voidaan rakennusalan kehityksen sanoa olleen olematonta muihin aloihin verrattuna. Nykypäivänä, rakennusala vaivaa pula ammattitaitoisesta työvoimasta ja rakennusmateriaalien suuri kysyntä sekä alan tarjoushintojen nousu korostavat tarvetta tehostaa rakennusalan tuotantoa (Mölsä 2017). Teollisten rakennusprosessien lisäksi myös muita rakennusalan tuotannon parantamisen keinoja on alettu yhä enemmän hyödyntämään, joita ovat esimerkiksi käyttäjien suurempi osallistuminen rakennusprosessiin, toimitusketjujen parempi hallinta sekä suunnitelmien rinnakkaisuus ja yhteensovittaminen. (Bougrain ym. 2010.)

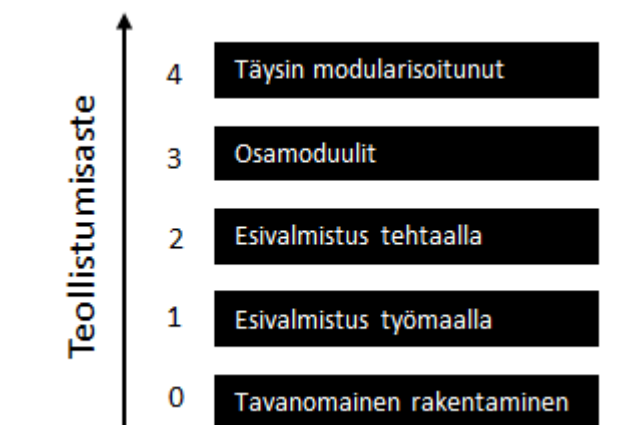
Suomessa rakennusalan teollistuminen otti suuria askeleita, kun alettiin käyttämään esivalmistettuja betonielementtejä 1970- ja 1980-luvulla, jonka perustana toimi tuolloin kehitetty, asuinrakennuksissa käytettävä avoin BES-järjestelmä. Sen kantavina rakenteina toimivat väli- ja päätyseinät, välipohjina ontelolaatat ja ulkoseininä ei-kantavat sandwichelementit, joiden mitoitus perustui moduuleihin. BES-järjestelmän kehittäminen jatkui myös teollisiin rakenteisiin ja toimistorakennuksiin. Runkojärjestelmissä betonielementit ja niiden liitosdetaljit standardoitiin niin, että urakoitsijat voivat hankkia esivalmistetut osat rakennukseen usealta eri toimittajalta. Runkojärjestelmät mahdollistivat lähes vapaasti pohjaratkaisujen vaihtelumahdollisuudet ja ne ovat edelleen käytössä rakennusalaalla. Suomessa betonielementtien valmistaminen teollisin keinoin on kehitetty pisimmälle lähes automatisoidussa ontelolaattojen valmistusprosessissa ja seinäelementtien kiertomuottilinoissa. Betoniteollisuuden teollistumisen lähtökohtana on moduuliset rakennejärjestelmät ja standardoidut mitat, komponentit ja liittymät. Sitä voidaan kehittää jatkuvasti käyttämällä mallinnusta, tietotekniikkaa ja automatisointia. (Elementtisuunnittelu 2017.)



Markku Laukkanen (2013) käsittelee artikkelissaan ”Teollinen puurakentaminen avain rakentamisen kehittämiseen” puurakentamisen kilpailukykyä. Laukkanen näkee puurakentamisen kilpailukyvyn perustuvan tulevaisuudessa sen teolliseen esivalmistukseen, sillä elementteihin perustuva tuotanto lyhentää rakentamisen kokonaisaikaa, helpottaa rakentamisen kosteudenhallintaa ja parantaa rakentamisen laatua. Myös teollisen puurakentamisen muunneltavuus ja mittatarkkuus nousevat artikkelissa esille. Suomessa teollisen puurakentamisen tuotteita ovat esimerkiksi CLT-puulevyihin perustuvat tilaelementit ja TES-menetelmään (Timberbased-Element-System) perustuvat esivalmistetut julkisivuelementit, joilla peruskorjattavan rakennuksen betonijulkisivut on mahdollista korvata. (Laukkanen 2013, Puuinfo-internetsivut 2017). Myös puusta teollisesti rakennetut elementit ja rakennusyritysten konseptitaloissa käytetyt tilamoduulit edustavat teollisen puurakentamisen tuotteita (Mölsä, 2017). Muita teollisen puurakentamisen hyödyntäjiä ovat esimerkiksi rakennusalan yritykset Skanska BoKlok-konseptillaan sekä Lapwall ja Lehto Group puuelementti-konsepteillaan, jossa hyödynnetään moduulirakenteista märkätilaelementtiä innovaationa vakioidussa tuotannossa, jonka koko rakentamisen arvoketju on yritysten itsensä ohjauksessa (Mölsä 2017).

Rakennusosalalla teollistuminen käsitteenä koskettaa pääasiassa niitä toimijoita, jotka tarjoavat alalla standardisoituja ja teollistettuja tuotteita. Näihin voidaan lukea esimerkiksi asuinrakennuskonsepteja rakentavat yritykset, jotka tarjoavat asiakkailleen standardisoituja asuntoja, joissa voidaan tehdä muutoksia konseptin sallimissa rajoissa (Mölsä 2017). Rakennusprojektin standardoimisen taso riippuu siitä, kuinka yksilöity lopputuote on ja missä laajuudessa projektin komponentit ja tehtävät voidaan toteuttaa yksinkertaistettusti ja toistoa käyttäen. Rakennusprojekti voi olla täysin yksilöllinen, jossa ei voida käyttää rutinoituja prosesseja tai se voi perustua esimerkiksi konsepteihin, jossa käytetään toistoa ja tarjotaan standardoitu lopputuote. Useimmat rakennusprojekteista koostuvat standardisoitujen ja yksilöityjen ominaisuuksien yhdistelmästä. On huomattavaa, että standardisoitujen prosessien avulla voidaan saavuttaa myös yksilöllisiä projekteja. Yleisesti prosessin teollistamisella tehostetaan tuotantoprosessia ja vähennetään tuotannosta syntyviä kustannuksia. Teollistamisessa hyödynnetään innovaatioita ja tehostamisen keinoin parannetaan työn tuottavuutta. Rakennusprosessien teollistaminen lisääntyy ympäri maailman sen avulla saavutettavien tuotantohyötyjen takia. Sen on nähty myös parantavan työturvallisuutta sekä tuotannon vakautta. (Bougrain ym. 2010, Goh & Loosemore 2017.)

Goh ja Loosemore (2017) käyttävät artikkelissaan kuvan 6 mukaista hierarkkista jaottelua teollisen rakentamisen käytäntöön panemisesta. Tavanomaisella rakentamisella tarkoitetaan ei teollista, käsityöpainotteista rakentamista työmaalla, jossa valmistetaan esimerkiksi paikallavalurakenteita ja asennetaan esivalmistettuja rakennusmateriaaleja kuten ikkunoita, ovia ja tiiliä. Esivalmistuksella työmaalla tarkoitetaan rakennuskomponenttien valmistamista ja paikalleen asentamista työmaaolosuhteissa, kuten puurunkojen esivalmistusta ja asentamista. Esivalmistus tehtaalla taas tarkoittaa esimerkiksi tehtaalla esivalmistettujen betonielementtien ja kattoristikoiden asentamista. Osamoduulit ovat esiasennettuja moduuleita, kuten kylpyhuone ja keittiömoduuleita, jotka on valmistettu tehdasolosuhteissa ja kuljetettu yhtenäisenä moduulina työmaalle, jossa moduulit liitetään osaksi muuta rakennelmaa. Suurimmillaan rakennuksen tuotannon teollistumisaste on täysin modularisoituneessa rakentamisessa, jossa tehdasolosuhteissa esivalmistetut moduulit muodostavat koko rakennuksen rakennusosat. (Goh & Loosemore 2017.)



Kuva 6. Teollisen rakentamisen hierarkkinen jaottelu (Goh & Loosemore 2017, mukailen).

Teollisten rakennusprosessien tarkoituksena on hyötyä teollisen tuotannon tehokkuudesta, joka on seurausta suurista tuotantomääristä ja tuotantokustannusten pienentymisestä. Jotta teollistumisen tehokkuutta voidaan hyödyntää rakennusprojekteissa, vaaditaan projektin esisuunnitteluvaiheessa erityistä huolellisuutta. Tavallisesti teolliset prosessit eivät hyväksy muutoksia tuotantoon, sillä tuotantoprosessin käynnistymisen jälkeiset muutokset ovat kalliita. Jotta muutoksien aiheuttamilta riskeiltä välttyttäisiin, vaaditaan projektin suunnitteluvaiheessa tiivistä yhteistyötä projektin sidosryhmien välillä. Tämän myötä voidaan todeta, että yhteistyön toimivuus ja myötävaikuttaminen ovat yleisesti teollisten rakennusprosessien tärkeimpiä asioita tehokkaan lopputuloksen saavuttamiseen, sillä rakennusprosessin tehostaminen teolliseen muotoon vaatii monen tahon välistä yhteistyötä sekä tahoja koordinoivan ja ohjaavan toimijan. (Bougrain ym. 2010.)

Teollisen rakentamisen avulla saavutettavien hyötyjen on nähty kattavan koko rakennusten elinkaaren alkaen suunnittelusta, jatkuen rakennusosien esivalmistuksen kautta rakentamisvaiheeseen ja rakennuksen ylläpitovaiheeseen. Teollisen rakentamisen avulla saavutettavia hyötyjä ovat esimerkiksi:

- Rakennusosien esivalmistuksella voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä rakennusajan lyhenemisen kautta, jopa 20% rakennusajan lyhennyksiä on saavutettu esivalmistuksella verrattuna työmaalla rakentamiseen.
- Välillisiä kustannushyötyjä voidaan saavuttaa työmaan pienemmillä alkukustannuksilla, töiden päällekkäisen toteutuksen välttämällä ja aikaisemmilla tulovi-roilla asiakkailta.
- Rakennusosien esivalmistus vähentää työturvallisuusriskejä, sillä monet työvaiheista voidaan siirtää tehdasolosuhteisiin, jotka ovat muuttumattomat ja turvallisempia työtapoja voidaan hyödyntää.
- Esivalmistaminen vähentää rakentamisesta aiheutuvia vaikutteita ympäristölle, sillä se pienentää syntyvän hukan määrää rakennusmateriaaleissa, parantaa materiaalien uusiokäyttöä ja kierrätystä sekä vähentää työmaan ja rakennuksen käytön aikana syntyviä päästöjä.
- Rakentamisen laadun paraneminen esivalmistuksen avulla, sillä esimerkiksi rakennusosien valmistus tapahtuu muuttuvien sääolosuhteiden sijaan hallituissa sisäolosuhteissa ja rakenteiden altistuminen säälle minimoidaan. (Goh & Loosemore 2017, Modular Building Institute 2010.)

Saavutettavien hyötyjen lisäksi, teollisen rakentamisen hyödyntämiseen on myös nähty useita esteitä, kuten teknologian- ja siihen liittyvän tietotaidon puuttuminen, toimitusketjujen rajoitteet, suuret alkuinvestointikustannukset, logistiset haasteet, kulttuuriset rajoitteet ja suunnitelmien yhteensopimattomuus ja joustamattomuus. Suurimpana esteenä teollisen rakentamisen hyödyntämiseen on pidetty etukäteen tehtävien investointien tekemistä esimerkiksi tarvittavien tuotantolaitosten rakentamisen johdosta. Toisena suurena esteenä on nähty suunnitelmien joustamattomuus ja se, että suunnitelmat lyödään lukkoon jo aikaisessa vaiheessa projektia, kun tavallisesti on totuttu, että suunnitelmat kehittyvät rakentamisen aikana. Tässä on myös nähtävissä rakentamisessa usein esiintyvä kulttuurillinen este, sillä ihmiset ovat yleisesti taipuvaisia kannattamaan vanhoja tuttuja toimintamenetelmiä uuden oppimisen sijaan. (Goh & Loosemore 2017.)

Modulaarinen rakentaminen ja valmismoduulien hyödyntäminen ovat teollisessa rakentamisessa käytettyjä keinoja standardointiin ja tehostamiseen, jotka mahdollistavat lopputuotteen tarpeiden mukaisen ja joustavan toteutuksen. Moduulien avulla voidaan pienentää rakennusjärjestelmien monimutkaisuutta rakentamalla rakenteet pienemmistä moduuleista, jotka voidaan suunnitella erikseen, mutta toimimaan yhtenä kokonaisuutena rakennuksessa. Modulaarinen rakentaminen on nähty houkuttelevana lähestymistapana parantaa tuotannon tehokkuutta ja virtausperiaatetta sekä laatutekijöitä rakennusallalla, joka tuottaa monimutkaisia ja yksilöllisiä lopputuotteita monen eri sidosryhmän yhteistyön ja prosessin summana. Modulaarisella rakentamisella vastataan rakentamisen kasvavaan tarpeeseen vastata asiakkaiden tarpeisiin massaräätälöinnin keinoin. Ajatuksena on, että laaja tuotevariaatioiden määrä voidaan tuottaa yhdistelemällä moduuleita, joiden määrä on rajoitettu. Massaräätälöinnin avulla hyödynnetään standardisoinnin keinoja ja tehostamista sekä luodaan yksilöllisiä ja joustavia lopputuotteita. (Miller & Elgård 1998, Peltokorpi ym. 2017.)

Modulaarisuus on teollinen konsepti, jonka päämääränä on hyödyntää resursseja mahdollisimman tehokkaasti ja tehostaa tuotantoa. Tuotannon tehokkuuden perustana modulaarisuudessa tavoitellaan seuraavia:

- Monipuolinen tuotanto, jossa asiakkaalle pyritään tarjoamaan tarpeiden mukainen lopputuote. Moduulien yhdistelmillä tavoitellaan tuotevariaatioiden määrän lisääntymistä, tavoitteena on yhtenäistää tuotantoprosessit ja välttää tuotevariaatioita, joille ei ole kysyntää.
- Samanlaisuuden hyödyntäminen tuotannossa käyttämällä resursseja uudestaan ja standardoimalla toimintoja, jotta saavutetaan tehostettu tuotanto. Hyödynnetään jo opittua ja kehitetään toimintaa, vähennetään riskejä käyttämällä toimivia ratkaisuja ja vähennetään tuotannon sisäisiä variaatioita.
- Monimutkaisuuden vähentäminen tuotannon paremman hallittavuuden saavuttamiseksi. Jaetaan lopputuote itsenäisiin yksiköihin, työskennellään rinnakkain, jaetaan tehtäviä ja suunnitellaan paremmin. (Miller & Elgård 1998.)

Aikaisemmin kuvatut teollisen rakentamisen hyödyt kuvaavat tehokkaasti modulaarisen rakentamisen avulla saavutettuja hyötyjä. Lawson ym. (2012) kuvaavat modulaarista rakentamista esivalmistettujen huonekokoisten ja tavanomaisesti valmiiksi rakennettujen yksiköiden asentamista työmaaolosuhteissa yhtenäisiksi, kuormaa kantaviksi tai kantamattomiksi rakennelmiksi. Moduulien avulla saavutettavia hyötyjä ovat niiden rakentamisessa syntyvä toistettavuus, niiden nopea asennus työmaaolosuhteissa sekä tuotannon parantunut mittatarkkuus ja laatu. Furbay (2017) nostaa artikkelissaan esille, että täysin modulaarisen rakentamiseen perustuvien menetelmien avulla on saavutettu jopa 50% ly-

hempiä rakennusaikoja verrattuna tavalliseen rakennustapaan. Tämän myötä rakentamisen kustannuksia saadaan huomattavasti alennettua. Furbay toteaa myös, että moduulien teko tehdasolosuhteissa mahdollistaa kunkin yksikön saavuttamaan täsmällisesti vaaditut suunnitelma- ja laatukriteerit.

Lawson ym. (2012) tutkivat kolmen kerrostalon tapaustutkimuksessaan modulaarisen rakentamisen soveltumista korkeisiin kerrostaloihin. He löysivät tutkimuksessaan, että modulaarista rakentamista voidaan hyödyntää jopa 25-kerroksisissa asuinrakennuksissa, jossa vakaus tuulta vastaan saavutetaan betoni- tai teräsrungolla. Modulaarinen suunnittelu ei ole myöskään este luovuudelle, sillä esimerkiksi käytävä- ja yhdistetyt moduulit luovat vaihtelevuutta asuntotyyppeihin. Modulaarisuuden hyödystä kertoo tutkimuksen tieto siitä, että arvioitu hyöty rakennusajan lyhenemisessä modulaarisella rakentamisella on jopa 45% verrattuna tavanomaiseen rakentamiseen, joka tukee Furbay:n (2017) artikkelia, jossa hyödyn kerrotaan olevan jopa 50%. Muita tutkimuksessa löydettyjä hyötyjä modulaarisella rakentamisella ovat

- rakennusjätteen väheneminen ja materiaalien parempi kierrätys
- työmaalle saapuvien kuljetuksien väheneminen jopa 70%
- työmaan äänet ja muut häiriötekijät ympäröiville olosuhteille vähenevät 30-50%
- rakenteiden ilmatiiveyden sekä lämmön- ja ääneneristävyyden paraneminen tehdasolosuhteiden tiukempien toleranssien kautta
- työturvallisuusriskien väheneminen jopa 80%. (Lawson ym. 2012.)

Peltokorpi ym. (2017) käsittelevät tutkimuksessaan rakentamisessa tunnistettavia modulaarisuuden strategioita ja niiden sopivuutta saavutettaessa rakennuksille tai sen osille määritetyt vaatimukset ja tavoitteet. Tutkimuksen päätelmänä on, että on tärkeää ymmärtää rakennusinvestointien erilaiset tavoitteet ja niiden yhteys sopivaan modulaarisuuden strategiaan. Tutkimuksessa tunnistettuja modularisoinnin strategioita ovat

- projektiorganisaatiolähtöinen strategia, joka mahdollistaa innovatiivisten suunnitteluratkaisujen syntyminen.
- esivalmistus -ja asennuslähtöinen strategia kustannusten ja ajallisten kulujen pienentämiseen sekä laadun parantamiseen.
- toimittajalähtöinen strategia, joka mahdollistaa rakennuksen käytön ja huollon joustavuuden. (Peltokorpi ym. 2017.)

Tutkimuksessa kävi ilmi, että mikäli rakennuksen tuottamisen päätavoitteena on taata lopputuotteen laadukkuus, vastaa tarpeeseen parhaiten modularisoinnin keino, jossa osamoduloinnin avulla rakennuksen kriittisimmät tilat on esivalmistettu ja asennettu työmaalla yhtenäisenä moduulina. Mikäli rakentamisen päätavoitteena on rakentaa mahdollisimman nopeassa aikataulussa, tulee strategiana käyttää mahdollisimman pitkälle moduuleihin perustuvaa rakennustapaa, jossa minimoidaan työmäärä työmaaolosuhteissa rakentamalla suurin osa rakennuksista esivalmistettujen moduulien avulla. Jos taas rakentamisen päätavoitteena on mahdollisimman pienet rakentamiskustannukset, teollisen rakennustuotannon hyödyntäminen kriittisten tuoteosien sekä tilavuudeltaan pienempien tuoteosien, kuten ulkoseinien esivalmistuksen avulla on järkevä strategia. Tämä on seurausta siitä, että tilavuudeltaan isojen rakennuskomponenttien, kuten kokonaisten tilamoduulien kuljettaminen on kallista. (Peltokorpi ym. 2017.)

Modulaarisessa rakentamisessa on otettava huomioon, että se vie suurimman osan rakentamisesta pois itse rakennustyömaalta, joka on yleisesti nähty hitaana ja tuottamattomana työmuotona verrattuna tehokkaampiin, nopeampiin teollisiin rakennusprosesseihin. Tämä kuitenkin tarkoittaa sitä, että teolliset rakennusprosessit ja moduulien tuottaminen

vaativat suuret kiinteät investoinnit tuotantolaitoksiin, jotta saavutetaan taloudellisesti kannattavaa toistuvuutta. Moduulien rakentaminen on myös mahdollista ulkoistaa alihankkijoille, kuten rakennusyritys Skanska on tehnyt BoKlok konseptissaan, jossa tilaelementtien valmistaminen on ulkoistettu kokonaisuudessaan. Tämän myötä yritys kuitenkin menettää koko asuntotuotannon arvoketjun hallinnan ollessaan alihankkijoiden varassa, mutta suurilta tuotantolaitoksien investoinneilta vältytään. Lehto Group ja Lapwall taas ovat esimerkkejä Suomessa toimivista rakennusyrityksistä, jotka tuottavat itse omat esivalmistetut tuotteensa, kuten moduulirakenteiset tilaelementit rakentamiinsa asuinrakennuksiin. (Lawson ym. 2012, Mölsä 2017.)

Suomen markkinoilla olevat asuinrakennuskonseptit perustuvat suurilta osin osamoduulien hyödyntämiseen rakentamisessa. Esimerkiksi YIT:n Smartti-konsepti sekä Lehto Groupin ja Lapwallin asuinrakennuskonseptit perustuvat esivalmistettuihin elementteihin sekä niihin liitettävään kylpyhuonemoduuliin. Suomessa toimiva yhtiöryhmä Lakea Oy on myös kehittänyt yhteistyökumppaneidensa kanssa tilaelementeistä toteutettavan kerrostalokonseptin nimeltään Sydänpuu, jossa hyödynnetään moduulirakentamista yhtenäisen betonista valmistetun kylpyhuone-elementin liittämässä kuivien tilojen puurakenteisiin tilaelementteihin. Lakea on aikaisemmin toteuttanut puukerrostaloja, joissa kylpyhuone-elementti on sijoitettu puurakenteisten moduulien sisälle, jonka huomattiin vaikeuttavan moduulituotantoa ja aiheutti päällekkäisten elementtien rakentamista. Uudessa kehitetyssä kerrostalokonseptissa kylpyhuone-elementit asennetaan päällekkäin ilman erillistä runkoa, jolloin ne toimivat itsekantavana rakenteena, joiden ympärille puusta valmistetut tilamoduulit asennetaan. Kylpyhuone-elementti sisältää myös talotekniikan nousuhormin rakenteissaan. (Mölsä 2017, Lättilä 2017.)

Teollisten prosessien hyödyntäminen rakennusalan tuotannossa on yksi rakentamisen tehostuskeinoista, jota on esivalmistuksen avulla hyödynnetty vuosikymmeniä. Rakennustuoteosien teollinen tuotanto mahdollistaa hukan vähentämisen niin tuoteosien tuotannon kuin rakentamisen aikana monilla rakentamisen osa-alueilla, jonka myötä rakennusyritysten kiinnostus teollisia tuotantoprosesseja kohtaan on kasvanut voimakkaasti.

## 2.5 Lean-rakentaminen

Yritysten oman toiminnan jatkuva seuranta, mittaaminen ja arvioiminen sekä toiminnan ja prosessien tehostaminen tukevat yrityksen kilpailukyvyn säilyttämistä markkinoilla. Yritysten toiminnan ja prosessien tehostamisen keinona nähdään usein Lean-ajattelutapaan pohjautuvat tehostustoimet, jotka myös rakennusala on ottanut käyttöönsä tehostaessaan rakennustoimintaa ja termi Lean-rakentaminen rakennusprosessien tehostamisen kuvaukseen on syntynyt. (Dave & Appleby, 2015.)

Lean-ajattelu perustuu Toyotan tuotantofilosofiaan, joka kehitettiin toisen maailmansodan jälkeen tarkoituksena vähentää tuotannossa syntyvää hukkaa. Toyotan tuotannossa hukaksi kutsuttiin esimerkiksi odottamista, ylituotantoa tai sitä, että lopputuote ei vastaa asiakkaan odotuksia. Muita hukan muotoja Toyotan konseptin mukaan ovat turhat kuljetukset tai materiaalien siirrot, väärä- tai yliprosessointi, ylisuuret varastot, turhat liikkeet ja virheet sekä luovuuden käyttämättä jättäminen. Ajattelutavan kehittämisessä Toyotan tutkimusryhmässä toimi suuressa roolissa Taiichi Ohno, joka oli seurannut amerikkalaisen autotuotannon mallia. Tämä autotuotannon malli perustui siihen, että tuotanto pyrittiin pitämään koko ajan maksimissaan, jonka myötä Ohno näki syntyvän virheitä pitkin tuotantolinjaa ja lopulta hidastavan prosessia tehokkuuden kustannuksella. Tuotannon maksimaalisen tehon ylläpitämisellä pyrittiin pitämään jokaisesta autosta ja sen osien valmistamisesta syntyvät kulut pieninä. Ohnon tavoitteena oli tuottaa kerralla valmista, eli tuottaa autoja asiakkaan tarpeiden mukaisesti, nopeasti, ilman varastointia tai välivarastoja. Tähtäämällä täydellisyyteen ja minimaalisen hukan saavuttamiseen, tuotannossa pystyttiin välttämään ongelmat tuotannon edetessä sekä parantamaan toimintaa koko ajan. (Howell 1999, Merikallio & Haapsalo 2009, s.4)

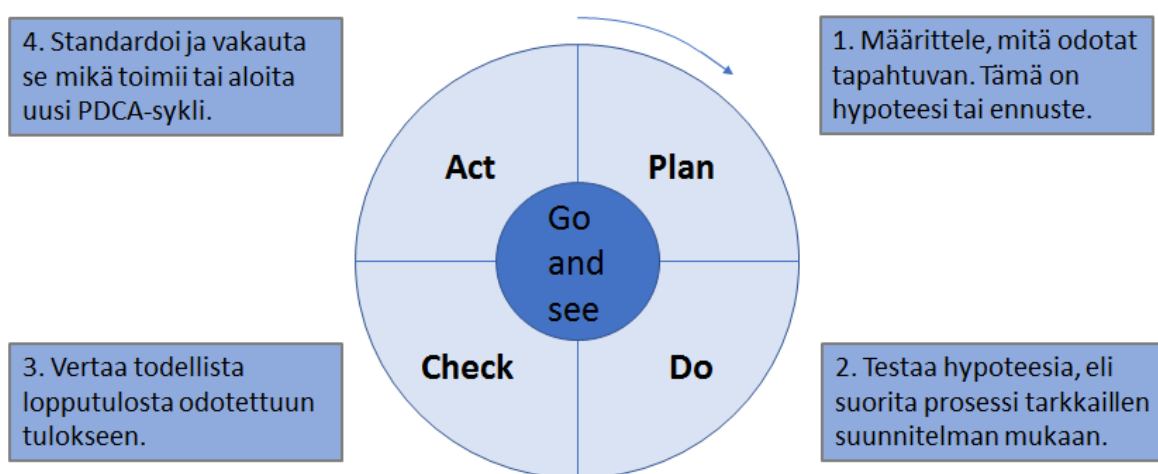
Lean-ajattelun tavoitteena on maksimoida tuotteen tai palvelun käyttäjälle tuotettava arvo ja minimoida sen tuottamisessa syntyvä hukka. Yksinkertaisuudessaan termi Lean tarkoittaa tuottaja-arvon kasvattamista pienempien resurssien avulla. Lean-ajattelun voidaan sanoa olevan asiakaslähtöinen prosessijohtamisen malli, joka perustuu tuotantoprosessin virtauksen maksimointiin ja hukan poistamiseen. Yleensä Lean käsitetään hukan poistomenetelmänä, eikä välttämättä tiedosteta sen keskeisintä päätavoitetta, joka on lyhentää tuotantoprosessin läpimenoaikaa. Lean pitää sisällään lukuisia konsepteja, teorioita ja työkaluja. Usein ymmärretään, että työkalut itsessään ratkaisisivat tuotannon ongelmat, mikä ei pidä paikkaansa. Työkalujen tarkoituksena on nostaa prosessin ongelmakohdat esiin, jonka myötä tuotannosta vastaavien tahojen on ratkaistava ne hyvien ongelmanratkaisutaitojen sekä prosessituntemuksen avulla. Tämän myötä, Lean-projektissa on tärkeää ymmärtää eri työkalujen ja konseptien rooli, jotta projekti johtaa onnistumiseen. (LEI 2017, Six Sigma 2017.)

Yksi Lean-ajattelun tärkeimpiä seikkoja on ajattelu- ja käyttäytymismallin perustuminen jatkuvaan toimintojen parantamiseen ja sopeutumiseen, jonka tulee olla päivittäistä. Esimerkiksi Toyotan tapauksessa, tuotannon parantaminen menee tuotannon saavutusten edelle, joka on tyypillisesti yrityksissä toisin päin, parannetaan, jos on aikaa. Jatkuvan parantamisen ajattelu- ja käyttäytymismalli perustuu pitkälti PDCA-ympyrään, joka on esitetty kuvassa 7 sekä Lean-ajattelussa käytettävään viiden kysymyksen sarjaan, joka tarjoaa rutiinin ja ajatusmallin jokaiseen prosessiin tai tilanteeseen lähestymiseksi ja auttaa niiden parantamisessa. Viiden kysymyksen sarja koostuu seuraavista prosessiin liittyvistä kysymyksistä:

1. Minne halutaan päästä?
2. Missä ollaan nyt, mikä on todellinen tilanne?

3. Mikä on välitavoite ja mikä estää tavoitetilan saavuttamista nyt?
4. Mitä toimenpiteitä toteutukseen tarvitaan ja mikä on seuraava askel?
5. Miten ratkaisen ongelmat? Milloin nähdään mitä ratkaisusta opittiin?

Nämä viisi kysymystä perustuvat PDCA-ympyrään (Plan, Do, Check, Act), jossa yhdistyvät ideointi sekä kokeellinen testaus. Perättäiset PDCA-syklit kohti tavoitetiloja kasvattavat vähitellen tuotteen kustannus-, laatu- ja markkina-asemaa. Perättäisessä parannustoiminnassa käytetään työkaluja niin ongelmien paljastamiseen, kuin kysymyksiin vastaamiseen. Perättäisten parannusten ketju luo vakaan ja tehokkaan prosessin, jonka avulla voidaan toteuttaa organisaation tarvitsemia muutoksia tulosperusteisesti. Organisaatioiden tulisi korvata taloudellisten tulosten ohjaama johtamisajattelu ymmärryksellä siitä, että hyvät taloudelliset tulokset ja organisaation pärjääminen pitkällä aikavälillä saavutetaan jatkuvalla ja päättävällä prosessin parantamisella ja mukautumisella. (LEI 2017, Six Sigma 2017.)



Kuva 7. PDCA-ympyrä, jonka avulla tuetaan jatkuvan parantamisen ajattelu- ja käyttäytymismallia. (Six Sigma 2017.)

Lean-ajattelun mukaisesti toimiva organisaatio ymmärtää lopputuotteen arvon tilaajalle ja keskittää oman toimintansa jatkuvaan arvon lisäämiseen. Teoreettisesti päätavoitteena on tarjota tilaajalle arvoltaan täydellinen lopputuote, täydellisen arvon tuottamisen prosessin kautta, jossa ei ole yhtään hukkaa. Tämän saavuttamiseksi, Lean-ajattelu muuttaa johtamisen ajattelutavan erillisten tuoteosien, tekniikoiden ja ominaisuuksien optimoinnista niiden arvovirran optimoimiseen. Hukan poistaminen arvovirran etenemisen aikana sen sijaan, että hukkaa poistettaisiin yksittäisistä tuotannon kohdista luo prosesseja, jotka vaativat vähemmän ihmistyötä, tilaa, pääomaa sekä aikaa lopputuotteen tuottamisessa. Tämän myötä yrityksillä on mahdollista vastata paremmin asiakkaiden tarpeisiin suuremman valikoiman, paremman laadun, pienempien kustannusten ja nopeamman läpimenoajan avulla. (LEI 2017.)

Lean-tuotannossa tavoitellaan siis tuotantojärjestelmää, joka tuottaa tilaustuotteen nopeasti ilman varastointia. Lean-ajattelun yhteenvetona voidaan pitää seuraavia periaatteita:

- määritä ja tunnista täsmällisesti lopputuotteen arvotekijät, poista tuotannosta kaikki mikä ei lisää arvoa
- tunnista jokaisen osatuotteen arvovirta
- luo tuotteen ja sen arvon tuottamisen virtaus ilma keskeytyksiä tai häiriöitä
- anna asiakkaalle edellytykset arvotekijöihin vaikuttamiseen
- tavoittele täydellisyyttä, tuota tilauksesta lopputuote, joka vastaa asiakkaan vaatimuksia. (Howell 1999, Koskela 2000, s.100.)

Teollinen tuotanto ja tavanomainen rakentaminen eroavat toisistaan usealla eri tavalla, joka on myös osaltaan syynä siihen, ettei Lean-ajattelu ja monet tehdastuotannosta tulleet ideat ole saaneet suurta kannatusta rakennusosalalla. Esimerkiksi teollisessa tuotannossa eri komponentit alihankkijoilta on helpompi hallita, sillä niiden toimittajat valitaan tuotannon suunnitteluvaiheessa ja toiston avulla tarjonnan verkosto tulee lopulta hallitavaksi ja optimoitua. Verrattuna rakennusalaan, jossa rakennustoimintojen loppuun saattaminen on toisistaan riippuvaa ja monimuotoista, teollinen tuotanto on helpommin hallittavissa. Rakennusprojektit ovat tavanomaisesti monimutkaisia, uniikkeja ja muuttuvia, jotka tukeutuvat alkuperäisiin suunnitelmiin ja toisiinsa liittyviin työvaiheisiin, jotka usein suorittavat eri aliurakoitsijat. Rakennusosalalla epävarmuutta luovat yhdistetyt työmaalla tapahtuva, yksilöllinen ja monimutkainen tuotanto. Epävarmuuden pienentämiseksi rakennusyritykset ovat enemmässä määrin alkaneet hyödyntämään teollisia rakennusprosesseja, joissa vakaat olosuhteet luovat toistettavuuden avulla tuotannon tehostusta. (Salem ym. 2006.)

Teollisen tuotannon ja rakentamisen eroista huolimatta, molempien tavoitteena on lisätä lopputuotteen arvoa ja saavuttaa tuottoa tehdyille investoinneille. Toyotan kehittämässä ja käyttämässä tuotantoprosessissa nimeltään TPS (Toyota Production System) on nähtävissä neljä pääelementtiä, jotka ovat tuotannon perustuminen oikea-aikaiseen tarpeeseen (just-in-time), virheiden ymmärtämiseen ja niiden toistuvuuden estämiseen, työntekijöiden joustavuuteen ja luovaan ajatteluun. Tuotanto perustuu hukan minimointiin, joka on myös rakennusosalalla tärkeä tehostamisen keino. Rakennusosalalla on kehitetty Toyotan tuotantojärjestelmää vastaava yleinen projektikohtainen tuotantosysteemi LPDS (Lean Project Delivery System). Kyseinen tuotantosysteemi kuvaa vaiheet, joiden avulla projekteja toimitetaan asiakkaille. Kuvailtuihin vaiheisiin on kehitetty työkaluja ja metodeja, jotka auttavat rakennusosalalla projekteissa toimivia ihmisiä vähentämään projektitoimituksen aikaista hukkaa. (Salem ym. 2006, Merikallio & Haapsalo 2009, s.5.)

Rakennukset toteutetaan tavanomaisesti kriittisen polun mukaisesti, jolla tarkoitetaan toisiinsa tiiviissä suhteessa olevia työvaiheita, joissa vaiheen eteneminen riippuu toisesta vaiheesta. Hukkaa syntyy esimerkiksi tilanteessa, jossa kriittisen polun vaiheen myöhästymisen johdosta joudutaan tilanne korjaamaan esimerkiksi resursseja kasvattamalla, jolloin tarpeetonta hukkaa syntyy tilanteen selvittämisestä, ylitöistä ja kustannuksien noususta. Tavanomaisen rakentamisen ja teollisen tuotannon hukka syntyy samasta aktiviteettikeskeisestä ajattelutavasta, jossa ajatellaan, että paineistamalla jokaista työvaihetta vähennetään kustannuksia ja vaiheiden läpimenoaikaa, mikä ei kuitenkaan käytännössä ole ratkaisu tehokkaaseen ja laadukkaaseen tuotantoon, jonka myös Toyotan Ohno havaitsi tarkkaillessaan amerikkalaisten autotuotantoa. Tämän myötä voidaan sanoa hukan pienentämisen ja Lean-ajattelutavan olevan tervetullutta rakennusosalalle. Nykyiset Lean-ajattelun mukaiset lähestymistavat rakennusprojekteissa ovat osoittaneet, että projektien kustannuksia voidaan lähestymistapojen ansiosta vähentää tapauksesta riippuen jopa 10-40%. (Salem ym. 2006, Howell 1999, Merikallio & Haapsalo 2009, s.5)



Lean-rakentamisen termin on sanottu syntyneen 1990-luvun alussa, jolloin Lean-ajattelutapaa alettiin tuomaan rakennusosalalle sen teollisessa tuotannossa saavutettujen hyötyjen takia. Lean-rakentaminen perustuu kolmeen ominaisuuteen, jolla se eroaa tavanomaisesta rakentamisesta:

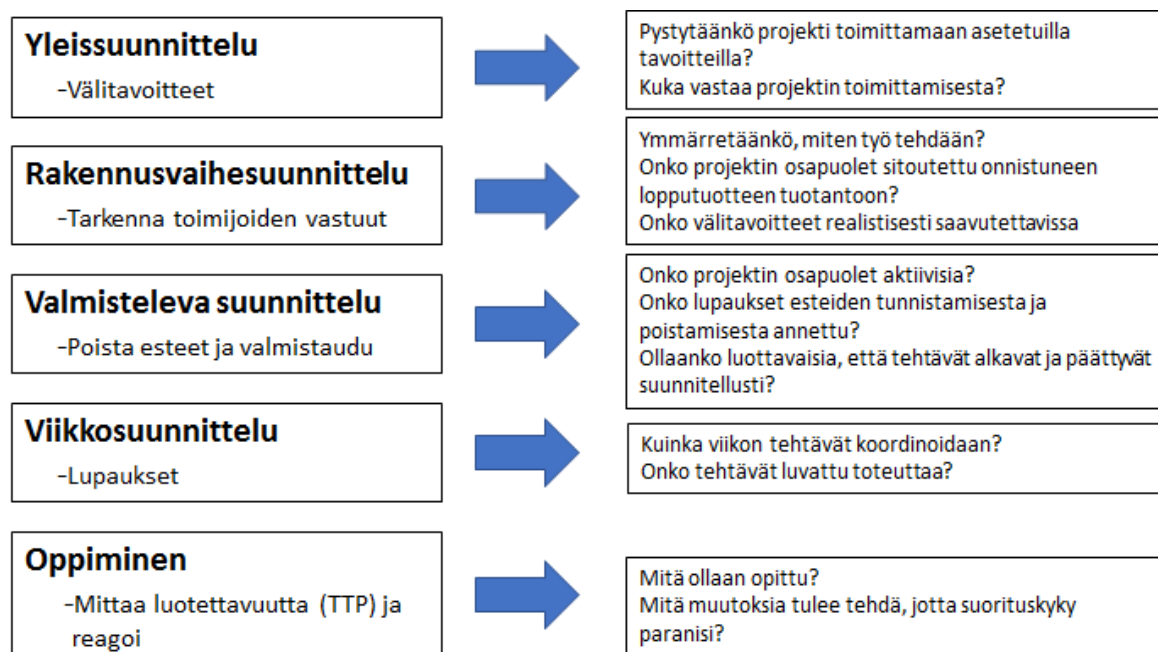
1. Lean-rakentaminen tähtää pienentämään kaikkea hukkaa, kuten ylimääraisissä tarkastuksissa, kuljetuksissa, odottelussa ja liikkeissä syntyvää hukkaa.
2. Lean-rakentaminen pyrkii vähentämään vaihtelevuutta ja epäsäännöllisyyttä varmistukseen keskeyttämättömän materiaalien ja informaation virran.
3. Lean-rakentamisessa pyritään toimittamaan materiaaleja työmaalle vain silloin, kun se on tarpeellista. (Huseyin ym. 2017.)

Rakennusprojekteihin kehitetty Lean projektin toimitussysteemi (LPDS) perustuu samaan ajatukseen kuin itse Lean-ajattelu, jossa tavoitteena on toimittaa asiakkaalle täydellinen tuote projektitoimituksena ilman hukkaa. Se koostuu seuraavista vaiheista: projektin määrittely, Lean-suunnittelu, Lean-hankinta, Lean-rakentaminen ja kohteen käyttäminen, joita avataan seuraavasti:

- Projektin määrittelyssä määritetään asiakkaan tarpeet ja -arvot, suunnittelukriteerit ja -reunaehdot.
- Lean-suunnittelu koostuu projektin konseptuaalisesta suunnittelusta sekä tuotteen- ja tuotannon suunnittelusta.
- Lean-hankinta koostuu detaljisuunnittelusta sekä tuotteen valmistamisesta ja logistiikasta
- Lean-rakentaminen koostuu valmistamisesta ja logistiikasta, asentamisesta ja rakentamisesta sekä testauksesta ja käyttöönotosta.
- Kohteen käyttö koostuu testauksesta ja käyttöönotosta, kunnossapidosta sekä kohteen muuntamisesta ja korjauksesta. (Huseyin ym. 2017, Merikallio & Haapsalo 2009, s.26.)

Projektin aikaisessa tuotannon ohjauksessa ja työn osittamisessa tähdätään työn jatkuvan virtauksen hallintaan. LPDS toimitussysteemi on jatkuvan parantamisen sekä projektitoimituksen kehittämisen kokonaisuus, jonka vaiheisiin sovelletaan Lean-ajattelutapaa, periaatteita ja työkaluja. Esimerkkinä eniten käytetystä työkalusta projektin aikana on Last Planner System (LPS). LPDS:n sisältämiä tärkeitä periaatteita ovat muun muassa projektin osittaminen ja johtaminen siten, että arvon tuotto asiakkaalle maksimoidaan ja hukka minimoidaan, asiakkaat ovat mukana projektin alkuvaiheessa määrittelemässä projektin tavoitteita ja tuloksia, tuotannon ohjauksella pyritään poistamaan häiriöitä, käytetään imuohjausta informaation, materiaalien ja tehtävien yhtenäisen virtaamisen takaamiseksi sekä projektinaikaiset palautteet hyödynnetään systeemin parantamisessa, oppimisessa ja reagoinnissa. Lean projektitoimituksessa tärkeänä tapana tuottaa tuloksia on asettaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa toteutusvastuussa oleva integroitu projektitiimi, jonka tavoitteet ovat yhtenäiset sekä riskien ja hyötyjen jakaminen on selkeästi ja oikeudenmukaisesti sovittu. (Merikallio & Haapsalo 2009, s.26-27.)

Projektituotannon ohjausmenettely LPS (Last Planner System) on yksi Lean-rakentamisen keinoista, jolla pyritään häiriöttömään ja tehokkaaseen aikataulutehtävien toteuttamiseen. Sananmukaisesti Last Planner tarkoittaa viimeistä suunnittelijaa, esimerkiksi työmaalla viimeinen suunnittelija on se, joka toimeenpanee tehtäviä. LPS-ohjausmenettely koostuu rakennusvaihesuunnittelusta, valmisteleavasta suunnittelusta, viikkosuunnittelusta sekä oppimisesta ja jatkuvasta parantamisesta. Menettelyn vaiheet projektinaikaisine kysymyksineen on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Last Planner ohjausmenettelyn vaiheet. (Merikallio & Haapsalo 2009, s.24, mukaillen.)

Rakennusvaihesuunnittelussa saadaan paras tulos, kun siihen osallistuvat projektin avainosapuolet kuten tilaajat, suunnittelijat, päättöteuttajat sekä merkittävimmät alihankkijat. Osapuolet laativat yhdessä rakennusvaihe aikataulun useimmiten takaperin, jolloin osapuolten tietämys ja osaaminen hyödynnetään tuotannon suunnittelussa, osapuolet sitoutetaan kokonaisuuteen, osapuolet tutustuvat ja yhdessä tekeminen parantaa luottamusta ja yhteistoimintaa. Valmistelevassa suunnittelussa tunnistetaan aikataulutehtävien käynnistämisen esteitä ja poistetaan niitä riittävän ajoissa ja se on jatkuvaa viikoittaista toimintaa, jossa tarkastelujaksona käytetään 4-6 viikon pituisia ajanjaksoja. Esteet kirjataan ylös ja niiden eliminoinnista vastaavat osapuolet määrätään. Viikkosuunnittelussa hankkeen osapuolet suunnittelevat viikkotehtävien tehokkaan toteutuksen. Tehtävät määritellään hyvin, työjärjestyksen kannalta järkevästi sekä työmäärät oikein arvioituna ja työsaavutukset tavoitteellisina ja realistisina. LPS-ohjausmenettelyssä oppiminen ja jatkuva parantaminen vaativat palautetta tavoitteiden toteutumisesta, jota seurataan esimerkiksi laskemalla suunnitelman mukaisten tehtävien toteutumaprosentti eli TTP kaikista viikkosuunnitelmatehtävistä ja syyt tehtävien toteutumattomuudelle selvitetään esimerkiksi 5-kertaa kysymällä miksi. Ohjausmenetelmän toimiminen saavutetaan sillä, että jokainen projektin osapuoli ymmärtää menetelmän toiminnan ja hyödyntää sitä. LPS-ohjausmenetelmällä on saavutettu useita hyötyjä kuten tuottavuuden ja työturvallisuuden parantamista. Suunnitelmallisuus parantaa laatua, ennustettavuutta tehtävien toteutuksessa sekä tehtävien läpimenoaikoja on mahdollisuus lyhentää sen avulla. (Merikallio & Haapsalo 2009, s.23-25.)

LPDS-toimitussysteemin ja LPS-projektituotannon ohjausmenettelyn toimeenpano käytännössä vaatii pitkän ajan sitoutumista projektin osapuolilta sekä yksilöllisiä ja organisaatioita koskevia muutoksia. Rakennusalan toimijat usein epäroivät kyseisten menetelmien ja siten Lean-ajattelutavan mukaisen toiminnan hyödyntämistä käytännössä niiden teoria perusteisen ja vaikeatajuisen lähestymistavan vuoksi. Tämän vuoksi, useita käytännön sovellutuksia, jotka palvelevat LPDS:n ja LPS:n periaatteita rakennusalalla on syntynyt, joita kuvataan taulukossa 1.

Taulukko 1. Käytännön sovellutuksia Lean-ajattelusta rakennusallalla. (Salem ym. 2006, mukaillen.)

Tavoite	Menetelmä	Edellytys/käytäntö	Tekniikka/vaikutus
Jatkuva virtaus	Last Planner	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rakennusvaiheikataulun suunnittelu takaperin</li> <li>- 6 viikon etukäteissuunnittelu</li> <li>- Viikoittaiset suunnitelmat</li> <li>- Syyt muutoksille/toteutumattomuudelle</li> <li>- TTP taulukot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pull-tekniikka</li> <li>- Laatu</li> <li>- Tieto/osaaminen</li> <li>- Tiedonvälitys</li> </ul>
Tuotannon tasapainotus, vaihtelevuuden poisto	Laadunvarmistus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laadunvarmistus toimenpiteet</li> <li>- Turvallisuuden varmistaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toimet työmaalla</li> <li>- Tiimityöskentely</li> <li>-Tieto/osaaminen</li> <li>- Tiedonvälitys</li> </ul>
Järjestäytyneisyys ja läpinäkyvyys	5 S  Visuaalinen ohjaus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lajittele (Sort), vain tarvittavat välineet esillä</li> <li>- Järjestä (Set in order), työkalujen ja osien järjestäminen</li> <li>- Puhdista (Shine), siisteys</li> <li>- Standardoi, tee rutiineja</li> <li>-Ylläpidä (Sustain), kouluta ja motivoi työntekijät noudattamaan 5S</li> <li>- Sitoutumistaulukot</li> <li>- Ohjeistukset</li> <li>- Projektin/tehtävän välitavoitteet</li> <li>- TTP taulukot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toimet työmaalla</li> <li>- Tiimityöskentely</li> <li>- Tieto/osaaminen</li> <li>- Tiedonvälitys</li> <li>- Visualisointi</li> <li>- Tiimityöskentely</li> <li>- Tieto/osaaminen</li> <li>-Tiedonvälitys</li> </ul>
Jatkuva parantaminen	Kokoukset ja palaverit  PDCA-sykli	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toimihenkilöiden ja esimiesten kokoukset</li> <li>-Tehtävän aloitus- ja välipalaverit</li> <li>- Päivän aloituspalaverit</li> <li>- Suunnittele (Plan)</li> <li>- Toteuta (Do)</li> <li>- Tarkista (Check)</li> <li>- Standardoi ja vakauta (Act)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajan käyttö</li> <li>- Tulevien tehtävien katsaukset</li> <li>- Epäselvyyksien/esteiden poisto</li> <li>- Tiedonvälitys</li> <li>- Toimet työmaalla</li> <li>- Tiimityöskentely</li> <li>-Tieto/osaaminen</li> <li>-Tiedonvälitys</li> </ul>

Muita Lean-ajattelutavan mukaisia käytännön sovellutuksia esimerkiksi tietomallinnuksen ja tietokoneellisen visualisoinnin hyödyntäminen, materiaalivarastoinnin minimointi ja JIT (Just in time - niin kutsutut täsmätoimitukset), arvoketjuanalyysit, standardointi, esivalmistuksen hyödyntäminen, koulutuksen mahdollistaminen, pitkäaikaisten yhteisösuhteiden ylläpito sekä tiimityön hyväksikäyttö (Huseyin ym. 2017).

Lean-rakentamisen ja siinä käytettävissä olevien sovellutusten hyödyntäminen rakennus-alalla on tehokas keino alan toiminnan tehostamiseen ja laadukkaan lopputuotteen toteut-tamiseen sekä asiakkaan tarpeiden tyydyttämiseen. Ajattelutavan hyödyntämisen avulla etenkin standardoiduissa asuinrakennuskonsepteissa ja teollisen rakentamisen prosesseja sisältävissä projekteissa voidaan saavuttaa suuria hyötyjä.

Lean-ajattelun suurimpana vastarintana pidetään rakennus-alalla vallitsevaa projektiluon-teisuuden kulttuuria, jossa jatkuvasti vaihtuvat ja yksittäiset yhteistyösuhteet sekä se fakta, että rakennusalan urakoitsijat pitävät yleisesti hallussaan rakentamisen arvoketjusta vain pienen osan, eivät edesauta uusien toimintatapojen, kuten Lean-rakentamisen ran-tautumista alalle. Höök & Stehn (2008), toteavat tutkimuksessaan “Applicability of lean principles and practices in industrialized housing production”, että Ruotsissa teollinen rakennustuotanto kohtaa samoja haasteita kuin tavanomainen rakentaminen etenkin pro-jektiluontoisen kulttuurin johdosta. Heidän mukaansa rakennusalan kehitys kohti Lean-ajattelua vaatii työntekijöiltä lisämotivaatiota ja vastuuta työvirran ylläpitämisestä, pa-rempaa laadunseurantaa ja yleisesti toiminnan kehitystä ohjaavan ja motivoivan johtami-sen kautta. Heidän mukaan myös työn standardointi, työjärjestysten hallinta sekä konei-den ja välineiden ylläpito auttavat saavuttamaan tasaisen tuotannon virtauksen, mitatta-vissa olevan laadun ja toiminnan kehityksen sekä lisääntyneen työntekijöiden motivaai-ion uusia toimintatapoja kohtaan. (Höök & Stehn 2008.)

## **2.6 Yhteenveto rakennushankkeen kustannustehokkuudesta ja konseptirakentamisesta**

Rakennushankkeen kustannuksiin vaikuttavat useat tekijät, jotka ovat seurausta hankekohtaisista päätöksistä ja yleisesti hankkeen ominaisuuksista. Tavanomaisesti asuinrakennushankkeen rakennusprosessi on monivaiheinen, johon osallistuu useita eri osapuolia päämääränään yhteinen tavoite, toteuttaa tavoitteiden mukainen rakennus vastaamaan käyttäjän syntyneeseen tarpeeseen. Useat rakennusyritykset ovat tuoneet asuinrakennusmarkkinoille konsepteja, joilla pyritään vastaamaan paremmin käyttäjien tarpeeseen ja täten tuottamaan arvoa asukkaille erilaistamalla asuntotarjontaa. Konseptirakentaminen hyödyntää tuotteistamisen keinoja, joilla pyritään saavuttamaan kilpailuetu markkinoilla ja esimerkiksi massaräätälöinti tarjoaa keinon asuntotarjonnan monipuolistamiseen ja samanaikaisesti teollisen massatuotannon hyväksikäyttöön. Konseptirakentamisessa hyödynnetään myös teollisia rakennusprosesseja ja modulaarista rakentamista, joiden avulla saavutetaan tuotantohyötyjä ja vaikutetaan rakentamisesta syntyviin kustannuksiin. Yksi rakennusalan tuotannon tehostamisesta on Lean-ajattelun hyödyntäminen rakennusten tuotannossa, jolla on suuri potentiaali rakentamisen kustannusten pienentämiseen. Konseptirakentaminen, siihen liittyvä teolliset rakennusprosessit ja modulaarinen rakentaminen sekä Lean-rakentaminen ovat kaikki rakennusten tuotannon ja sen prosessien tehostamiseen käytettäviä keinoja, joiden tavoitteena on kehittää rakennusalaa ja vastata markkinoiden alati kasvavaan kohtuuhintaisten asuntojen kysyntään.

Rakennushankkeen taloudellisuus ja kustannusten ohjaus perustuvat hankkeen tavoitteisiin ja rakennuksen toteuttamisessa käytettäviin ja työn aikana tehtäviin ratkaisuihin. Kustannusten ohjauksen mahdollistamiseksi, on rakennushanke vaiheistettava niin, että päätökset syntyvät tarkoituksenmukaisesti ja tukevat vaiheiden kannalta keskeisiä asioita sekä seuraavia rakennusvaiheita. Eri rakennushankkeiden väliset kustannuserot johtuvat tilaohjelmien ominaisuuksista, rakennuspaikan olosuhteista ja määräyksistä, erilaisista suunnittelu- ja tuotantoratkaisuista, hankkeen toteuttamismuodosta ja -aikataulusta sekä suhdanne- ja hintatekijöistä. On huomattavaa, että kustannuksiin pystytään vaikuttamaan monella tapaa koko hankkeen aikana. Esimerkiksi rakennushankkeen alussa laadittava tilaohjelma sanelee kokonaisuudessaan hankkeen laajuuden ja ominaisuudet, jonka myötä sen laatimiseen on syytä käyttää erityistä huolellisuutta. Tilaohjelman laadinnan jälkeen tehokas suunnittelunohjaus varmistaa hankkeen tavoitteiden täyttymisen mahdollisimman kustannustehokkaasti. Koko hankkeen aikana on huomioitava etukäteen tehtävän suunnittelun tärkeys, jotta hanke toteutuu tarkoituksenmukaisesti ja hallitusti ilman lisäkustannuksia tai ylimääräistä hukkaa.

Talonrakennushankkeen läpivienti on monivaiheinen prosessi, joka luo edellytykset tarkoituksenmukaiseen päätösten tekoon. Tavanomaisen talonrakennushankkeen vaiheet ovat tarveselvitysvaihe, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen sekä käyttöönottovaihe. Pääosin hankkeen kustannukset määräytyvät hankkeen tarveselvitys- ja suunnitteluvaiheessa, jolloin hankkeen laatu-, kustannus- ja aikatavoitteet määritetään. Kustannusten kertyminen ennen rakentamisen aloitusta on kuitenkin vähäistä. Tämän myötä hankkeeseen ryhtyvän on jo aikaisessa vaiheessa tunnistettava keskeiset kustannuksiin vaikuttavat tekijät ja pohjustettava päätöksensä realistisiin kustannuspäätöksiin ja -arvioihin.

Uusien innovaatioiden syntyminen on perustana menestymiseen kilpailevilla markkinoilla, joka voi johtaa konseptien luomiseen. Sana konsepti voidaan määrittää olevan konkreettinen tuote tai palvelu, jonka avulla mahdollistetaan uusien tuotteiden tai palvelujen tuottaminen. Rakennusyrityksien tuomien asuinrakentamisen konseptien avulla tavoitellaan erottumista kilpailijoista tuomalla markkinoille asumisen yksilöllisyyteen ja asukaslähtöisyyteen perustuvia asuinratkaisuja. Konseptit pyritään tuotteistamaan, jolloin hyödytään toimitussisällön vakiintumisesta, tiedon monistumisesta, uuden tuotteen markkinoille tuomisen riskien pienentämisestä sekä luodaan realistinen kuva tuotteen hinta- ja laatusuhteesta. Etenkin monistettavuus on keskeisessä osassa konseptirakentamisen tuotannossa, jonka myötä asuinrakennuksia voidaan toistuvasti rakentaa samanlaisina tai pienillä muutoksilla, jolloin hyödytään suuresti projektien aikana opituista tiedoista. Lähtökohtaisesti tuotteistamisella haetaan tuotteen katteen parantamista. Tämä mahdollistetaan tuoton lisäämisellä ostamisen helpottamisen ja kilpailuedun saavuttamisen keinoin sekä kulujen pienentämisellä luomalla edullinen lopputuote ja kehittämällä sille tehokas tuotantojärjestelmä. Konseptirakentamisen hyödyntämistä rakennusalaalla haittaavat kaavamääräykset, joiden myötä konsepteissa vakioituneen tuotannon tuomat edut pienenevät. Konsepteja suunniteltaessa, olisi järkevää ottaa huomioon esimerkiksi eri kaavoja myötäilevät julkisivuvaihtoehdot. Tehokkaan tuotantojärjestelmän luomiseksi, useissa Suomessa markkinoilla olevissa asuinrakentamisen konsepteissa hyödynnetään teollisia rakennusprosesseja, joissa esimerkiksi rakennuksen rungon osat on esivalmistettu tehdasolosuhteissa ja työmaalla suoritetaan vain valmiiden rakenteiden asentaminen paikalleen.

Rakennusteollisuuden on sanottu kärsineen aikojen kuluessa innovaatioiden puutteesta verrattaessa muihin aloihin, joka on nähty varsin alhaisina työn tuottavuuden lukemina rakennusalaalla. Tämän myötä teollisten rakennusprosessien, kuten tuoteosien esivalmistuksen ja modulaarisen rakentamisen hyödyntäminen tuotannon tehostamiseen ja uusien innovaatioiden luomiseen on kasvanut. Teollinen rakentaminen voidaan jaotella hierarkisesti seuraaviin viiteen teollisuusasteeltaan erilaiseen tuotantomuotoon; tavanomainen rakentaminen joka tarkoittaa teollisuusasteeltaan pienintä tuotantomuotoa, esivalmistus työmaalla, esivalmistus tehtaalla, osamoduulit sekä täysin modularisoitunut rakentaminen, jossa teollistumisaste on suurimmillaan. Teollisen tuotannon vaikuttaminen rakentamisen tehokkuuteen on seurausta suurista tuotantomääristä ja tuotantokustannusten pienentymisestä. Lähtökohtaisesti teollisten rakennusprosessien hyödyntämiseen hankkeissa vaaditaan erityistä huolellisuutta sen esisuunnitteluvaiheessa. Teollisella rakentamisella saavutetaan merkittäviä hyötyjä rakennusajan lyhenemisen johdosta, välillisiä kustannus- hyötyjä saadaan työmaan pienemmillä alkukustannuksilla ja töiden päällekkäisen toteutuksen välttämällä sekä aikaisemmilla tulovirroilla asiakkailta. Rakenteiden esivalmistus vähentää työturvallisuusriskejä ja pienentää rakentamisesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia esimerkiksi hukan pienenemisellä ja materiaalien parantuneen uusiokäytön johdosta. Myös rakentamisen laatu paranee rakenteiden ollessa vähemmän vaihtuvien sääolosuhteiden armoilla.

Modulaarinen rakentaminen on yksi teollisen rakentamisen keinoista, jossa hyödynnetään standardointia ja tuotannon tehostamista rakenteiden esivalmistuksella. Moduulien avulla voidaan rakennusjärjestelmien monimutkaisuutta vähentää rakentamalla kokonaiset rakenteet pienemmistä moduuleista, jotka voidaan suunnitella ja toteuttaa erikseen, mutta toimimaan yhtenä kokonaisuutena lopullisessa rakennuksessa. Modulaarinen rakentaminen on tuotantotapa, joka parantaa rakentamisen virtausperiaatetta ja laatua rakennusalaalla, jossa tavanomaisesti monen eri sidosryhmän työ tuottaa monimutkaisia ja yksilöllisiä lopputuotteita prosessin summana. Moduulien avulla rakentamisen hyötyjä edellä

mainittujen esivalmistuksen hyötyjen lisäksi on se, että sen avulla pienennetään syntyvän rakennusjätteen määrää, vähennetään työmaalle saapuvia kuljetuksia ja rakentamisesta syntyviä häiriötekijöitä ympäristölle, parannetaan rakenteiden ominaisuuksia sekä vähennetään työturvallisuusriskejä. Moduulien avulla rakentaminen vähentää työmaalla suoritettavia rakennustöitä, mutta on huomattava, että teolliset rakennusprosessit ja moduulien tuottaminen vaativat suuret investoinnit tuotantolaitoksiin, mikäli haluaa pitää koko rakentamisen arvoketjun hallinnassaan. Vaihtoehtoisesti, esimerkiksi moduulien tuotannon voi ulkoistaa alihankkijoille. Suomessa käytetyt asuinrakennusten konseptit hyödyntävät usein osamoduuleita tuotannossaan, jossa huoneiston teknisimmät osat, kuten keittiö ja kylpyhuone on pyritty toteuttamaan yhtenäisenä, kerralla työmaalle toimitettavana moduulina. Tämä parantaa rakennuksen laatua ja poistaa useita kriittisiä työvaiheita työmaolosuhteista hallittuihin tehdasolosuhteisiin.

Lean-rakentaminen perustuu Lean-ajattelun hyödyntämiseen rakennusosalalla, jossa pyrkimyksenä on vähentää tuotannossa syntyvän hukkan määrää ja siten pienentää tuotantoprosessin läpimenoaikaa. Lean-ajattelu- ja käyttäytymismallissa perustuu jatkuvaan toimintojen parantamiseen ja sopeutumiseen, jonka tulee olla päivittäistä. Ajattelun mukaisesti toimiva organisaatio ymmärtää lopputuotteen arvon tilaajalle ja keskittää oman toimintansa jatkuvaan arvonn lisäämiseen. Lean-rakentaminen tähtää pienentämään kaikkea rakennustuotannossa syntyvää hukkaa, kuten ylimääräisissä tarkastuksissa, kuljetuksissa, odottelussa ja turhien liikkeiden sekä virheiden myötä syntyvää hukkaa. Se pyrkii myös vähentämään vaihtelevuutta ja epäsuorallisuutta tuotannossa varmistaakseen keskeyttämättömän materiaalien, informaation ja tuotannon virran. Lean-rakentamisessa materiaaleja pyritään toimittamaan työmaalle vain silloin, kun se on tarpeellista. LPDS on rakennusosalalle kehitetty Lean-projektin toimitussysteemi, jonka tavoitteena on toimittaa asiakkaalle täydellinen tuote projektitoimituksena ilman hukkaa.

Lean-rakentamisen ideologiaa tukevat monet teoriat ja työkalut. Tästä on esimerkkinä muun muassa projektin avainosapuolien avulla rakennusvaiheikataulun laatiminen yhteisesti, etukäteissuunnittelu tehtävien käynnistämisen esteiden havainnointiin ja poistamiseen, viikkosuunnitelmien teko, tehtävien toteuman seuraaminen ja siihen reagoiminen, kokousten ja palaverien pitäminen, järjestäytyneisyyden ja läpinäkyvyyden parantaminen esimerkiksi 5S-keinoin sekä visuaalisen ohjauksen avulla ja jatkuvan parantamisen PDCA-syklit. Lean-rakentamisen ideologian hyödyntäminen etenkin standardoiduissa asuinrakennuskonsepteissa ja teollista rakentamista käyttävissä projekteissa on kannattavaa, sillä sen avulla voidaan saavuttaa suuria hyötyjä niiden tuotannon perustuessa massatuotannon hyödyntämiseen, jonka tehostamiseen Lean-ideologia perustuu. Rakennusalan kehitys kohti Lean-rakentamista vaatii projektiluontoisen kulttuurin muutosta jatkuvaa kehitystä tukevaan kulttuuriin, jossa rakennusalan toimijoilta vaaditaan lisämotivaatiota ja vastuuta työvirran ylläpitämiseen sekä yleisesti parempaa laadunseurantaa ja toiminnan kehitystä ohjaavaa ja motivoivaa johtamista.

Kustannustehokkaan asuinrakennuksen tuotantoon vaikuttavat monet asiat projektin eri vaiheissa. Rakennusten tuotannon muoto sekä siihen käytettävät menetelmät vaikuttavat suurelta osin tuotannosta syntyviin kustannuksiin ja niin sanottu rakentamisen kulttuurin vanhoillisuus osaltaan vaikuttaa uusien kehittyneempien tuotantomenetelmien rantautumiseen rakennusosalalle. Rakennusten kustannustehokkuutta tukevista keinoista teoriaosuudessa kerrottiin konseptirakentamisesta, esivalmistuksen hyödyntämisestä ja modulaarisesta rakentamisesta, sekä tuotantoprosessin läpimenoajan lyhentämisen ideologiaan perustuvasta Lean-rakentamisesta. Esimerkiksi näiden keinojen avulla rakennusten tuo-

tannossa on suuri potentiaali toiminnan parantamiseen ja tehostamiseen, jonka myötä tuotannon kustannuksia saadaan pienemmäksi ja syntyvien lopputuotteiden kiinnostus käyttäjiä kohtaan suuremmaksi. Tämä taas tukee rakennusyritysten kannattavuutta ja luo kilpailuedun markkinoilla kilpailevia yrityksiä kohtaan. Tulevaisuudessa yksi ratkaiseva tekijä rakennusyritysten menestykseen on se, kuinka paljon yritykset hyödyntävät tätä suurta potentiaalia, joka rakennusalaalla piilee sen kehittyessä jatkuvasti.

Taulukossa 2 on koottu yhteen teoriaosuudessa esiin tulleet keskeisimmät käsitteet ja niiden yhteys konseptirakentamiseen ja kustannustehokkuuteen. Teoriaosuudessa esille tulleiden kustannustehokkuutta tukevien keinojen hyödyntäminen asuinrakentamisen konsepteissa on tärkeää, jotta luodaan kilpailukykyisiä asuinrakennuksia ja vastataan kuluttajien tarpeisiin. Taulukon 2 käsitteitä määritettäessä, voidaan sanoa kaikille olevan yhtenäistä huolellisesti suoritettu etukäteissuunnittelu, jonka avulla varmistetaan lopputuotteen vastaaminen tarpeisiin, rakennusprosessin tehokkuus jokaisessa vaiheessa sekä mahdollistetaan uusien innovatiivisten ratkaisujen luominen. Konseptirakentamisessa, onkin syytä kiinnittää erityishuomioita kyseisten käsitteiden asiasisältöön, sekä niiden mahdollisimman suureen hyödyntämiseen kustannustehokkaiden asuinrakennuskonseptien luomisessa.

Taulukko 2. Teoriaosuuden keskeisimpiä käsitteitä, niiden määritelmät sekä havaitut edut konseptirakentamiseen ja rakentamisen kustannustehokkuuteen.

	Määritelmä	Edut konseptirakentamiseen ja rakentamisen kustannustehokkuuteen
Konseptit ja konseptointi	Uuden innovatiivisen tuotteen tuominen markkinoille. Tuotesuunnittelunomainen toiminta, jossa on ymmärrettävä kohderyhmän tarpeet ja vallitseva kysyntä	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innovatiivisten ratkaisujen luominen ”vanhoillisella” alalla</li> <li>- Laaja tuotekehitys ennen markkinoille tuloa mahdollistaa kustannustehokkaiden ratkaisujen hyödyntämisen</li> </ul>
Tuotteistaminen	Tarkoituksena määrittää tuotteen ominaisuudet ja käyttötarkoitus mahdollisimman tarkkaan yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi. Tavoitteena vakiinnuttaa toimittussisältö, monistaa tietoa, minimoida riskit ja määrittää tuotteen hinta/laatusuhde. Rakentamisessa tuotteistamisen keinoja esimerkiksi tuotesien esivalmistus, monistettavuus, modularisointi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuo vakiintuneen toimittussisällön kautta monistettavuutta → rutiinit, jatkuva parantaminen, oppiminen, tiedonsiirto</li> <li>- Rakentamiskulujen pienentäminen monistettavuuden, massaräätälöinnin, tuotantoprosessin parantuneen hallinnan ja pitkälle kehitetyn lopputuotteen myötä</li> </ul>



Teolliset rakennusprosessit	Rakennustuoteosien tehdasolosuhteissa suoritettujen esivalmistuksen hyödyntäminen. Modulaarisessa rakentamisessa ja valmismoduulien hyödyntämisessä teollistumisaste suurimmillaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehostetaan rakentamisen tuotantoa lyhentämällä rakennusaikaa ja minimoimalla mahdollista hukkaa → Työvirtauksen ylläpito, päällekkäisten ja peräkkäisten työvaiheiden yhdistäminen kokonaisuuksiksi</li> <li>- Parannetaan rakentamisen laatua suorittamalla työt hallituissa olosuhteissa</li> <li>- Pienennetään ympäristövaikutuksia</li> <li>- Parannetaan työturvallisuutta</li> </ul>
Lean-rakentaminen	Rakentamisen hukan minimointiin ja käyttäjälle tuotettavan arvon maksimointiin tähtäävä ajatus- ja käyttäytymismalli. Pohjautuu seurantaan, havainnointiin ja jatkuvaan parantamiseen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jatkuva toiminnan tehostaminen parantaa rakentamisen kustannustehokkuutta</li> <li>- Rakentamisen laatu paranee etukäteissuunnittelun, seurannan ja tilanteisiin puuttumisen myötä</li> <li>- Yhteistoiminnalla projektien läpinäkyvyys paranee</li> </ul>

### 3 Tapaustutkimus kerrostalokonseptista

Tähän mennessä tutkimuksessa on tarkasteltu sen lähtökohtia ja luotu kirjallisuuskatsaus rakentamisen kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä ja rakentamisen tuotannon mahdollisista tehostustoimista. Tässä luvussa kerrotaan kohdeyritys SSR Uusimaa Oy:n Max koti-kerrostalokonseptista sekä tutkitaan konseptin sisäisten suunnitteluratkaisujen vaikutusta syntyviin rakennuskustannuksiin ja rakentamisen toteutukseen. Tapaustutkimuksen perusteella selvitetään kustannustehokkaimmat suunnitteluratkaisut konseptirakennuksen toteutusta varten ja tämän myötä luodaan konseptille paremmat valmiudet edetä kohti toteutusvaihetta. Tutkimuksessa selvitetään myös, miten suuri vaikutus kaupunkikuvallisiin vaatimuksiin vastaavilla konseptitalon julkisivumuutoksilla on talon hankintakustannuksiin. Luvun aluksi kerrotaan tutkimuksessa käytettävistä aineistoista ja menetelmistä. Tämän jälkeen luodaan katsaus Max-koti kerrostalokonseptiin, sen piirteisiin sekä siinä käytettäviin perusratkaisuihin. Konseptin peruskatsauksen jälkeen luodaan ennalta määritettyjen suunnitteluratkaisujen vertailu konseptin perusratkaisuun ja selvitetään ratkaisujen väliset kustannus- ja toteutuserot. Luvun lopuksi luodaan vertailu tuloksista aikaisemmin toteutettujen tutkimusten tuloksiin sekä pohditaan tulosten luotettavuutta ja tehdään johtopäätökset tutkimuksesta.

#### 3.1 Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Tapaustutkimus pohjautuu suurelta osin Max koti kerrostalon kustannusarvioon, joka on toteutettu SSR Uusimaan laskentayksikön toimesta syksyllä 2017. Tapaustutkimuksessa alkuperäistä kustannusarviota täydennettiin ja tarkennettiin rakennusosakohtaisesti valittujen kokonaisuuksien sisällä. On huomattavaa, että kerrostalokonseptista on tällä hetkellä laadittuna arkkitehtipiirroksia, jonka myötä kustannuksien määrittäminen perustuu tarkempien rakennesuunnitelmien puuttuessa yleisesti rakennusosalalla käytettyihin rakenteisiin ja alan asiantuntijoiden järjestelmäkuvauksiin.

Aineistonkeruumenetelmänä tapaustutkimuksessa käytettiin asiantuntijoiden järjestelmäkuvauksia, haastatteluita, tarjouspyyntöjä sekä kohdeyrityksen tietokantaa käynnissä olevien sekä toteutuneiden työmaiden kustannuksista. Suoritettujen asiantuntijahaastatteluiden osalta kullekin haastateltavalle esitettiin kysymyksiä tapauskohtaisesti niin kutsutuina teemahaastatteluina, tarkoituksena selvittää ajankohtaiset kustannustiedot sekä suunnitteluratkaisujen rakenteelliset- ja tuotannolliset piirteet. Tarjouspyyntöjä lähetettiin alalla toimiville yrityksille rakennusosista, joiden ajantasaisia kustannustietoja ei ollut kohdeyrityksen laskentayksiköllä saatavilla ja joiden hinnoitteluun kaivattiin tarkempia yksiköllisiä hintatietoja, kuten LVI-järjestelmien kustannusten määrittelyssä. Tutkimuksessa pyrittiin tuomaan esille myös vertailtavien vaihtoehtojen kustannuserojen lisäksi käytännön erot niin tuotannon kuin itse rakennusosien osalta. Käytännön erojen selvittämiseksi hyödynnettiin yleisiä tietolähteitä sekä asiantuntijoiden arvioita.

Tutkimuksen aikana järjestettiin myös projektipäiviä, jolloin kohdeyrityksen tuotantohenkilöstön ja laskentayksikön kanssa kerättiin tietoa tuotantomenetelmistä, aikataulutuksesta sekä rakennusosien hinnoittelusta. Tutkimuksessa toteutetut aikataulut on laadittu Tocoman-aikatauluohjelmalla ja ne perustuvat konseptitalon projektipäivänä kerättyihin tuotantotietoihin ja kokeneiden tuotantohenkilöiden tietotaitoon. Rakennusosien kustannusvertailu toteutettiin Excel-pohjaisella kustannuslaskentaohjelmalla, joka pohjautuu Talo-80 nimikkeistöön. Kohteen laajuus- ja määrätietojen selvittämiseen käytettiin

olemassa olevia arkkitehtipiirroksia, joiden pohjalta pyrittiin mahdollisimman tarkasti suorittamaan kustannusten määrittämiseen tarvittava määrälaskenta.

Tutkimusta varten haastateltiin viittä henkilöä SSR Uusimaa Oy:ltä, kolmea eri parveke-toimittajaa jotka edustivat LO-Rakenne Oy:tä, Parma Oy:tä sekä Hi-Con Finlandia, rakennesuunnittelijaa Insinööritoimisto Gabrielsson & Pietiläinen Oy:stä sekä LVI-asiantuntijaa Virel Yhtiöt Oy:stä. Taulukossa 3 on esitetty listaus pidetyistä haastatteluista. Taulukossa on nähtävissä kunkin haastattelun tunnus, haastateltavan tai haastateltavien tehtävänimikkeet sekä haastattelun ajankohta.

Taulukko 3. Tutkimuksessa suoritettut haastattelut.

Tunnus	Työlaji	Tehtävänimike	Päivämäärä
H1	Laskenta	Laskentapäällikkö	18.1.2018
H2	Tuotanto, projekti-päivä	Työmaapäällikkö, työnjoh-taja, työmaainsinööri	19.1.2018
H3	Laskenta	Myyntijohtaja	22.1.2018
H4	Laskenta	Myyntipäällikkö	22.1.2018
H5	Laskenta, projekti-päivä	Laskentapäällikkö, Han-kinta- ja laskentapäällikkö	23.1.2018
H6	Laskenta	Commercial manager	29.1.2018
H7	Rakennesuunnittelu	Rakennesuunnittelija	31.1.2018
H8	Laskenta	Laskentapäällikkö	2.2.2018
H9	Laskenta/tuotanto	Toimitusjohtaja	13.2.2018

Kustannusvertailun tietoja analysoitiin ja pyrittiin löytämään syy vertailtavina olevien ratkaisujen kustannuserojen syntymiseen. Analysoinnin perustana toimii työn aikana muodostetut yksityiskohtaiset kustannusarviot rakennusosista. Jokaisesta vertailtavasta osa-alueesta luotiin hankintahintainen asuinneliömetrikohtainen kustannusvertailu yhdis-telmäpylväskaavioon. Vertailluille rakenneratkaisuille laskettiin myös prosentuaaliset kustannuserot edukkaimpaan ratkaisuun nähden.

Suunnitteluratkaisujen analyysin pohjalta luotiin johtopäätökset tutkimuksen tuloksista ja verrattiin saatuja tuloksia aikaisempiin tutkimuksiin, jotka esitetään luvussa 4. Luvun lo-puksi luodaan yhteenveto tapaustutkimuksesta sekä ehdotelma tutkimusten tulosten pe-rusteella laaditusta edullisimmasta konseptitaloratkaisusta.

## 3.2 Max koti-kerrostalokonsepti

### 3.2.1 Yleistä

Max koti kerrostalo on SSR Uusimaa Oy:n kehitteillä oleva asuinrakennuskonsepti. Konseptin lähtökohtana on viisi kerroksinen ja yksiportainen asuinkerrostalo, jossa on asuintilaa yhteensä noin 1600 m<sup>2</sup>. Talon ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat varasto- ja yhteistilat, jotka ovat yhteiskooltaan noin 260m<sup>2</sup>, sekä kolme asuinhuoneistoa. Talon 2.-5. kerrokset ovat identtisiä toisiinsa nähden ja kukin kerros sisältää 8kpl asuinhuoneistoja seuraavanlaisesti:

- 2kpl 4H+KT            69,1 m<sup>2</sup>
- 2kpl 3H+KT            53,9 m<sup>2</sup>
- 2kpl 2H+KT            36,5 m<sup>2</sup>
- 2kpl 1H+KT            28,6 m<sup>2</sup>.

Konseptikerrostalossa on siis yhteensä asuinhuoneistoja 35 kpl. Ensimmäisen kerroksen asunnot koostuvat ylempien kerroksien huoneistoja vastaavista yksiöstä, kaksioista ja kolmiosta. Huoneistojen keskipinta-ala on talossa 46,4 m<sup>2</sup>. Kerrostalon huoneistojen koosta voidaan huomata, että huoneistoista on pyritty tekemään kompakteja ja neliömäärältään tavanomaista pienempiä, kuitenkin huoneistojen toiminnallisuutta vähentämättä. Asuntojen keskipinta-ala on huomattavasti pienempi, kun verrataan Suomen asuinkerrostalojen keskipinta-alaa huoneistoa kohtia, joka vuonna 2016 oli 56,3 m<sup>2</sup> (SVT-internetsivut 2018). Talon bruttoala on 2300 brn<sup>2</sup> ja bruttoalan suhde hyöt्याalaan nähden 1,42. Jokaiseen asuinhuoneistoon kuuluu myös oma lasitettu parveke, kuten kuvan 9. julkisivuhahmotelmasta nähdään.



Kuva 9. 5-kerroksisen Max koti asuinkerrostalon julkisivuhahmotelma.

Kyseisen asuinrakennuskonseptin suunnittelun ja toteuttamisen lähtökohtana on ollut se, että kohdeyritys kykenisi tulevaisuudessa tarjoamaan omalla rakennustuotannollaan kustannustehokkaasti toteutettuja ja toimivia asumiskokonaisuuksia kuluttajille. Asuinrakennusmarkkinoiden kasvaneet asuntohinnat ovat myös osaltaan luoneet yritykselle halua toteuttaa asuntoja joihin yhä useammalla kuluttajalla olisi varaa, jonka myötä heille luotaisiin mahdollisuus oman asunnon omistamiseen. Kustannustehokkuuden lisäksi konseptin toteuttamisessa on nähty tärkeässä roolissa myös asuntojen muuntojoustavuus, jossa ostajilla on mahdollisuus räätälöidä asuntonsa vakioiduista vaihtoehtoista.

Muuntojoustavuutta konseptin asuntoihin on haettu asukkaan mahdollisuudella valita erilaisia ratkaisuja oman tarpeen ja elämäntilanteensa mukaan. Asuntoihin voi esimerkiksi valita pesuhuoneeseen kodinhoitohuoneyksikön ja yksiöitä isompiin asuntoihin esimerkiksi erillisen wc:n, vaatehuoneen tai vaihtoehtoisesti vapaata asumistilaa. Pesuhuoneisiin on valittavissa kodinhoitohuoneyksikön lisäksi myös saunayksikkö. Konseptitalon jokainen tila on pyritty käyttämään hyödyksi, mistä kertoo esimerkiksi porraskäytäviin sijoitetut huoneistokohtaiset varastot. Tämän tutkimuksen ulkopuolelle kuitenkin rajataan asukasmuutoksista aiheutuvat kustannusvaikutukset ja tutkimuksessa keskitytään vain talon rakenteellisiin ja teknillisten suunnitteluratkaisujen vaikutuksesta toteutuviin kustannuksiin ja rakennuksen toteutettavuuteen.

Max koti-kerrostalokonseptin perusajatuksena on hyödyntää rakenteiden toistuvuutta ja toistuvuuden avulla saavuttaa kustannushyötyjä rakentamisessa, jonka myötä konseptin tuotteesta saadaan houkuttelevampi kuluttajia kohtaan. Konseptin asuntojen houkuttelevuutta on myös pyritty lisäämään luomalla asuntojen pohjaratkaisuista kompakteja toimivia kokonaisuuksia. Tämän myötä asuntojen neliömääriä on saatu karsittua pyrkimyksenään siihen, että asunnon ostaja maksaa vain toiminnallisista neliöistä ja markkinoilla olevien asuntojen pohjaratkaisuissa usein nähtävä hukkaneliöiden määrä on konseptin asunnoissa pyritty minimoimaan. Tuotekonseptoinnin keinoista kerrostalokonseptissa hyödynnetään myös massaräätälöinnin keinoja asuntojen varuste- ja tilaratkaisujen avulla. Max koti-kerrostalokonsepti toteutetaan Suomessa nähtävän tavanomaisen rakennustavan mukaan, jossa paikallarakentamisen lisäksi hyödynnetään rakenteiden esivalmistusta esimerkiksi betonielementtien avulla. Kyseinen kerrostalokonsepti ei nykyisessä muodossaan hyödynnä esivalmistuksen seuraavia teollisuusasteita, kuten osamoduulien hyödyntämistä rakentamisen tuotannossa. Osamoduulien tuotannollisista hyödyistä ollaan kohdeyrityksessä kuitenkin tietoisia ja yritys pyrkii tulevaisuudessa olemaan mukana niiden kehittämisessä ja tuomisessa asuinrakennusmarkkinoille.

Max koti-kerrostalokonseptin toteuttamisessa on edetty siihen vaiheeseen, että rakennuksen pääpiirteet, kuten pohjaratkaisu on valmisteltu ja asukkaiden muutosvaihtoehdot konseptin sisällä massaräätälöity. Seuraavana tehtävänä konseptin valmistelussa kohti toteutusvaihetta on selvittää eri suunnitteluratkaisujen kustannus- ja toteutusvaikutukset, jonka tarpeeseen tämä tutkimus vastaa. Esimerkiksi eri julkisivu- ja parvekeratkaisujen kustannusvaikutukset ovat oleellista selvittää, jotta tiedetään millaiset kustannusvaikutukset rakennuspaikkakohtaiset kaavamääräykset aiheuttavat kyseiselle konseptitalolle. Eri suunnitteluratkaisujen kustannusten selvityksen myötä, rakennuksen kustannusennuste tarkentuu ja luodaan paremmat valmiudet konseptin toteutusta ja ennakkomarkkinointia varten. Tutkimus toimii siis osana konseptin kokonaiskehitystä, konseptisuunnittelua, joka valmistaa kohdeyritystä tuleviin ratkaisuihin tunnistelemalla eri vaihtoehtoja ja määrittelemällä niistä kaikkein suotuisimmat vaihtoehdot kyseiselle asumisen tuotekonseptille. Asuinrakennus-tuotekonseptin erotessa kustannuksiltaan tavanomaisista pienemmän kaavan tuotekonsepteista, on kyseisten, kustannuksiltaan miljoonatuotteiden esisuunnittelu



jonka myötä luodaan mahdollisimman kokonaisvaltainen vertailu ja ymmärrys siitä, paljonko kukin suunnitteluratkaisu tulee vaikuttamaan yksittäisen asuineliömetrin hankintahintaan. Rakennuksen kokonaishankintahintaan katsotaan tutkimuksessa kuuluvaksi kaikki hankkeen toteuttamisesta aiheutuvat kustannukset, kuten rakennuskustannukset, liittymismaksut sekä maapohjakustannukset. Rakennuksen tonttikustannukset eivät sisälly hankintahintaan tässä tutkimuksessa. Tutkimuksen hankintahinnat perustuvat arvolisäverottomiin hintoihin.

Konseptin perusratkaisun lähtökohtana, johon myös alustava kustannusarvio perustuu, on tasainen tontti, joka ei sisällä suuria korkeuseroja. Maa- ja pohjarakennukset suoritetaan pääosin maankaivutöinä, eikä perustusolosuhteissa tarvita suorittaa paalutustyötä tai pohjan stabilointia. Perusratkaisussa välipohjat on toteutettu ontelolaatoilla, julkisivut ovat eristerapattuja, talon ilmanvaihtojärjestelmä perustuu keskitettyyn ratkaisuun, jossa ilmanvaihtokonehuone on sijoitettu talon katolle ja talon lämmitysjärjestelmä toimii kaukolämmön avulla patterilämmitteisesti.

Konseptitalon perusratkaisun kustannuksia ja toteutusta tullaan tutkimuksessa vertailemaan eri suunnitteluratkaisuihin rakennusosakohtaisesti yksi kerrallaan, jolloin hankintahintainen vertailu kohdentuu täsmällisesti tiettyyn rakennusosakokonaisuuteen. Vertailun kohteeksi on ennalta määrätty viisi eri kokonaisuutta, jotka vaikuttavat rakennuksen kokonaiskustannuksiin, toteutettavuuteen ja ominaisuuksiin. Kyseisistä rakennusosakokonaisuuksista useimmat ovat myös tavanomaisissa betonielementtirunkoon pohjautuvissa asuinkerrostaloissa tyypillisimpiä osakokonaisuuksia, joissa on kohdekohtaista vaihtelevuutta. Tämän myötä on syntynyt tarve selvittää Max koti-kerrostalokonseptin sisällä näiden viiden eri rakennusosakokonaisuuden sisältämien suunnitteluratkaisujen kustannuserot toisiinsa nähden. On huomattavaa, että kyseisestä konseptista on tällä hetkellä laadittu arkkitehtipiirrokset, johon alustava kustannusarvio ja tämän tutkimuksen sisältö pohjautuvat. Tämän myötä tutkimuksen sisältö perustuu laajalta osin täydentävien rakennusuunnitelmien puuttuessa järjestelmäkuvauksiin ja asiantuntijoiden arvioihin sekä haastatteluihin ja projektipäiviin.

Vertailtavat rakennusosakokonaisuudet, joita luvussa 3.3 käsitellään ovat seuraavanlaiset:

1. Julkisivut ja parvekkeet
  - Julkisivut eristerapattuina, puoliksi paikalla muurattuina ja puoliksi rapattuina, kokonaan muurattuna tai toteutettuna valkobetonielementein.
  - 3. parvekeratkaisua: pilari-pielielementti, ulokeparveke, noppaparveke.
2. Välipohjat
  - Paikallavalettuna tai elementtiratkaisulla, joka toteutetaan ontelolaatoin.
3. Kerrosmäärä
  - Kerrosmäärän kasvattaminen viisi kerroksisesta talosta kahdeksan kerroksiseksi.
4. Pohjaratkaisu
  - Pohjaratkaisun muutos niin, että jokaisesta kerroksesta jätetään yksi asunto pois ja vastaavasti, että jokaisesta kerroksesta jätetään kaksi asuntoa pois.
5. Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä
  - Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä, joka perustuu koko rakennusta palvelemaan ilmanvaihtokoneistoon tai hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä, joka perustuu huoneistokohtaisiin ilmanvaihtokoneisiin.
  - Patterilämmitykseen tai lattialämmitykseen perustuva järjestelmä.

### 3.3 Suunnitteluratkaisujen vaikutus

#### 3.3.1 Julkisivut ja parvekkeet

Rakennusten julkisivuille annetaan kaupunkikuvallisia vaatimuksia kaavamääräyksissä, joka aiheuttaa potentiaalisen ongelman monistettavuuteen perustuvalla konseptikerrostalolle. Tämän myötä on järkevää, että konseptikerrostalo suunnitellaan niin, että se pystyy tarvittaessa vastaamaan vaihteleviin ja sijaintikohtaisiin vaatimuksiin. Esimerkiksi Helsingin kaupungin rakennusjärjestyksen toisessa luvussa asetetaan rakennuksen rakentamiseen seuraavanlaiset kaupunkikuvalliset vaatimukset: Rakennuksen rakentamisen on sovellettava ympäröivän alueen rakennustapaan sekä tonttiin rajoittuvaan katuun ja muuhun julkiseen kaupunkitilaan rakennuksen sijoituksen, koon, muodon, ulkomateriaalien, värityksen sekä julkisivujäsentelyn osalta (Helsingin kaupunki 2017).

Kaupunkien kaavamääräykset voivat esimerkiksi asettaa vaatimukset rakennuksen julkisivumateriaaleille. Kaavamääräyksessä voidaan muun muassa velvoittaa, että rakennuksen pääasiallisena julkisivumateriaalina tulee käyttää puuta, tai että rakennuksen julkisivun on oltava kokonaisuudessaan paikallamuurattu, jonka myötä kyseisillä määräyksillä voi olla merkittävä kustannusvaikutus rakennuksen rakentamiseen ja tämän myötä myös asuntojen myyntihintoihin. Pitkänen (2009) esittää tutkimuksensa vertailutalon hankintahintajakauman perusteella, että Talo 2000-hankenimikkeistön mukaan tehdyssä kustannusjakaumassa talo-osat, joihin rakennuksen julkisivut sisältyvät muodostavat noin 30% koko hankkeen kokonaiskustannuksista. Tästä osuudesta rakennuksen ulkoseinät muodostavat kolmanneksen, jonka myötä ulkoseinät ovat hankkeen kallein yksittäinen rakennusosa. Tämän myötä voidaan sanoa, että kaavamääräyksillä, jotka perustuvat sääntelemään rakennusten julkisivumateriaaleja on merkittävä vaikutus hankkeesta syntyviin kokonaiskustannuksiin. (Pitkänen 2009, s.28.)

Kaupunkikuvallisiin vaatimuksiin on Max koti-kerrostalokonseptissa pyritty vastaamaan erilaisin julkisivumateriaalein ja parvekeratkaisuin. Tämän myötä konseptin soveltuvuutta eri kaupunginosiin on pyritty parantamaan. Tässä luvussa selvitetään neljän eri julkisivumateriaalin tai niiden yhdistelmän kustannusvaikutukset seuraavasti:

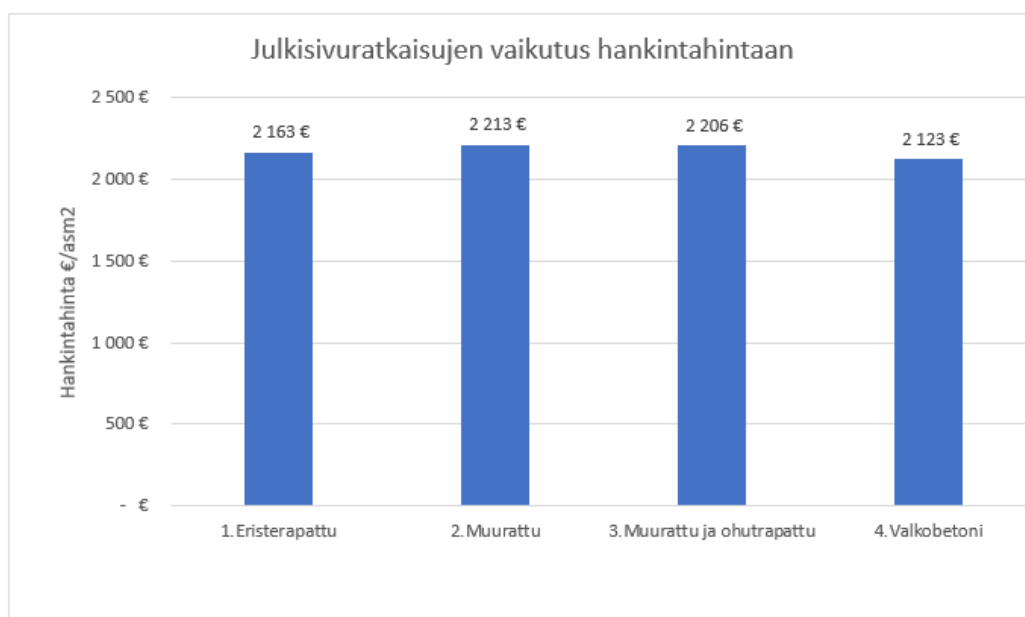
1. Julkisivut kokonaisuudessaan (1065 m<sup>2</sup>) eristerapattu 10 mm kaksikerrosrappauksella.
2. Julkisivut kokonaisuudessaan paikalla muurattuna.
3. Julkisivut puoliksi paikalla muurattuina ja puoliksi eristerapattuina, jolloin muuratun tiilen päälle ohutrappauksella toteutetaan osa ikkunoita ympäröivistä osista ja osa 1.krs seinäpinnoista (199 m<sup>2</sup>), sandwich seinäelementin päälle ohutrappauksella toteutetaan parvekkeiden seinäpinnat (384m<sup>2</sup>) ja paikalla muuraten loput ympäröivät seinäpinnat (474 m<sup>2</sup>) kuvan 11 julkisivuhahmotelman mukaisesti.
4. Julkisivut toteutettuna kokonaisuudessaan valkobetonielementeillä.

Julkisivujen paikalla muuraus ja eristerappaus perustuvat ulkoseinäelementteihin, joissa eristeet on asennettu elementteihin tehtaalla. Valkobetonielementein toteutettu ratkaisu perustuu sandwichelementteihin, jossa ulkoseinät toteutetaan esivalmistettuina elementteinä, valmiina seinärakennekokonaisuuksina.





Muuratun julkisivun etuina voidaan pitää sen kestävyyttä, huoltovapautta sekä kosteusteknisiä ominaisuuksia sekä paikalla toteutettavan ilmaraon myötä tehokkaasti tuulettuvaa rakennetta (Wienerberger internetsivut 2018). Valkobetonielementit ovat esivalmistettuja teräsbetonisandwich-elementtejä, joissa ulkokuori, lämmöneriste ja sisäkuori on sidottu toisiinsa kuormitusta siirtävillä teräsansaila ja rakenteen tuuletus aikaansaadaan eristeessä olevilla urituksilla ja elementtien saumakohtiin lisätyillä tuuletusputkilla tai -koteloilla (Parma internetsivut 2018). Betonisandwich-elementtien käyttäminen ulkoseinissä vähentää työmaalla suoritettavaa työtä, jonka myötä elementtien asennuksen jälkeen suoritetaan julkisivujen saumaustyö ja seinärakenne on valmis.



Kuva 12. Vertailu julkisivuratkaisujen kustannusvaikutuksesta asuineliömetrin hankintahintaan.

Julkisivuratkaisujen hankintahintainen kustannusvertailu löytyy kuvasta 12. Vertailluista ratkaisuista kustannuksiltaan edullisin on sandwich-elementein toteutettu valkobetoni-julkisivu, jonka hankintahinta on 2123 €/asm2. Pitkäsen (2009) tekemän tutkimuksen perusteella, valkobetonilla toteutetun julkisivun voidaan nähdä kuvastavan yleisesti teräsbetonisandwich-elementein toteutettujen julkisivujen keskiarvoista hankintahintaa, sillä kyseisten elementtien hankintahintaan vaikuttavien pintaratkaisujen, kuten valkobetonin vaihtaminen tiililaattaan tai harjattuun betoniin, aiheuttaa noin  $\pm 20\text{€/asm2}$  muutoksen valkobetoni-julkisivun hankintahintaan nähden. Sandwich elementein toteutetun ratkaisun edullisuuden selittää se, että rakenne on kokonaisuudessaan esivalmistettu ja valmis ulkoseinärakenne syntyy elementtien asentamisen ja niiden saumojen tiivistämisen jälkeen. Tämän myötä työmaaolosuhteissa tehtävä työ on vähäisempää kuin muissa ratkaisuissa.

Valkobetoni-julkisivua hankintahinnaltaan 40€/asm2 (2%) kalliimpi ratkaisu on kokonaisuudessaan eristerapattu julkisivu. Vertailun kalleimmat vaihtoehdot, muurattu sekä muurattu ja ohutrapattu julkisivuvaihtoehto eivät eroa toisistaan hankintakustannuksiltaan merkittävästi. Tämän selittää osaltaan se, että muurattujen julkisivuneliöiden määrässä ei ole nähtävissä suurta eroa ratkaisujen välillä ja ainoa olennainen ero ratkaisujen välillä on, että muuratussa ja ohutrapatussa yhdistelmäratkaisussa parvekkeiden taustakohdat on toteutettu sandwich-elementein, joka tasaa kustannuseroa ratkaisujen välillä. Mikäli parvekkekohdat olisi molemmissa ratkaisuissa toteutettu muuraamalla, olisi muurattu ja ohutrapattu yhdistelmäratkaisu hankintahinnaltaan noin 13€/asm2 kalliimpi, kuin pelkästään muurattu julkisivu. Ratkaisujen kustannusvertailussa on huomattavaa, että

edukkaimman ja kalleimman julkisivuratkaisun väliset kustannukset aiheuttavat 4% eron hankkeesta syntyviin kokonaiskustannuksiin.

Työssä vertailtujen julkisivuratkaisujen elinkaarikustannuksissa on nähtävissä suuria eroja. Elinkaarikustannuksista julkisivuissa merkittävin osa aiheutuu rakentamisvaiheen kustannuksista, mutta käytönaikaisia kustannuksia ei tule sivuuttaa julkisivuvaihtoehtoja vertailtaessa. Tampereen teknillisen yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan (Pakkala ym. 2016), 5-kerroksisen julkisivualaltaan 1800 m<sup>2</sup> olevan kerrostalon muurattu tiilijulkisivu tulee sekä 50 että 100 vuoden elinkaaritarkasteluissa edullisimmaksi julkisivuratkaisuksi, jos tarkasteluun otetaan mukaan rakentamis-, käyttö- ja purkukustannukset. Eristerappauksiin nähden tiilijulkisivulle muodostuu elinkaaritarkastelussa kustannussäästöä noin 50%. On kuitenkin syytä ottaa huomioon, että rakennusmateriaalien kehityksessä esimerkiksi eristerapattujen julkisivujen raskaat korjaukset vähenevät ja siirtyvät myöhempiin ajankohtiin, jonka myötä elinkaarikustannukset 100 vuoden käyttöiällä voivat vähentyä tutkimuksen mukaan jopa 7%. Valkobetonielementtiin verrattuna muurattun julkisivun elinkaarikustannukset ovat pienemmät, muttei kuitenkaan niin voimakkaasti kuin eristerappaukseen verrattaessa, sillä valkobetonielementein toteutetun julkisivun elinkaarikustannuksen 100 vuoden aikajaksolla ovat noin 8% suuremmat kuin muurattun julkisivun. Sandwichelementtijulkisivun elinkaaritaloudellisuuden arvioinnissa on kuitenkin huomioitava, ettei rakenteen korjaaminen käyttöiän päättyessä alkuperäisen kaltaisella ratkaisulla ei ole välttämättä mahdollista. Tämän perusteella voidaan sanoa, että julkisivumateriaaleista tiili on vähiten huoltoa tarvitseva ja pidemmällä aikavälillä asukasystävällisin julkisivuratkaisu. (Pakkala ym. 2016, Wienerberger internetsivut 2018.)

### Parvekeratkaisut

Konseptitalon julkisivuun on suunniteltu kolme eri parvekeratkaisua. Näillä parvekeratkaisulla pyritään julkisivun materiaalivaihtoehtojen rinnalla vastaamaan eri kaupunkikuvien tarpeisiin. Parvekeratkaisut perustuvat kuvassa 11. nähtävään pilari-pielielementtiratkaisuun, sekä pinta-alaltaan pienempään ulokeparvekkeeseen ja kahteen laatikkomaiseen, niin kutsuttuun noppaparvekemalliin. Tämän lisäksi selvitetään kevytrakenteisen ripustetun Frame-teräsulokeparvekemallin kustannukset. Kaikissa parvekeratkaisuihin on lasitus, joka mahdollistaa parvekkeen käyttämisen kesäaikaan lisähuoneena.

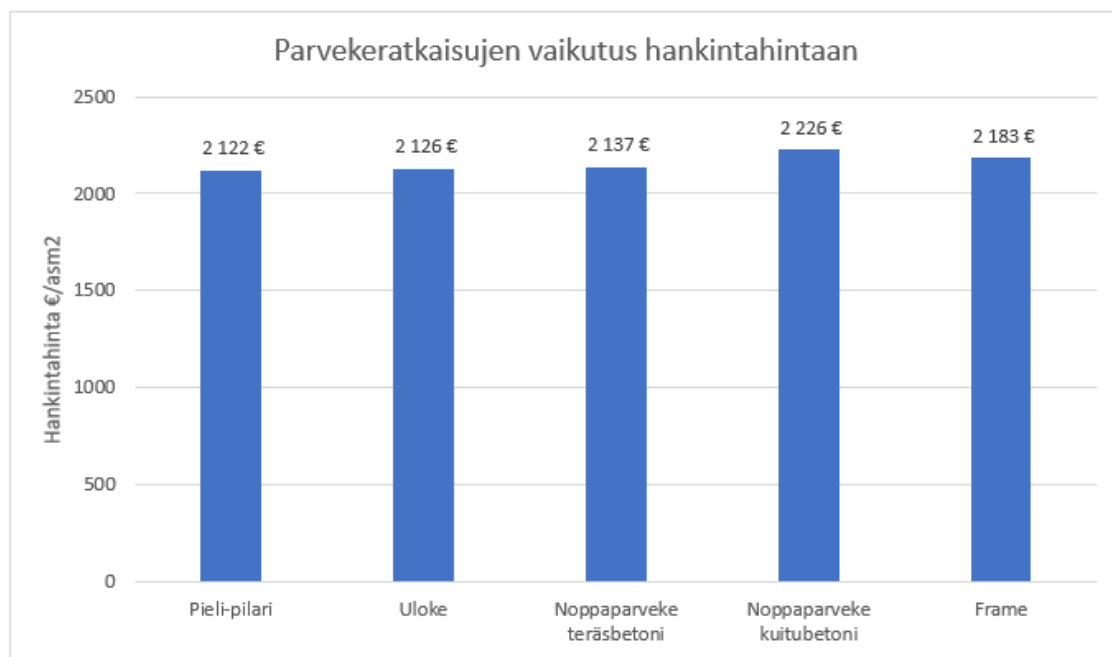
Useampien parvekeratkaisujen tekninen toteutus eroaa toisistaan. Pielipilari-elementtirakenne tukeutuu nimensä mukaisesti pieli- ja pilari-elementteihin, jotka maatasolla tukeutuvat erillisii anturarakenteisiin. Ulokeparveke taas ankkuroituu lopullisessa rakenteessa välipohjaan parvekkeen kohdalle valettavaan vastapainorakenteeseen, ja saa työnaikaisen tuennan väliaikaisista tukitorneista. Muut parvekeratkaisut eivät tarvitse väliaikaista tuentaa tai vastapainorakennetta, vaikka toimivatkin ulokkeellisina rakenteina.

Julkisivun sisäkuoresta ripustettava Frame-parveke perustuu LO Rakenne Oy:n kevytparvekkeeseen, joka on teräsrunkoinen kevytparveke-elementti. Vertailun kahdesta suoraikulmaisesta noppaparvekeratkaisusta, toinen perustuu Parma Oy:n teräsbetonituotteeseen ja toinen kuitubetoninen noppaparvekeratkaisu Hi-Con Groupin valmistamaan kevytparvekkeeseen. Molemmat parvekemallit toimitetaan työmaalle valmiina elementteinä, joissa on valmiina katon tarvitsema vesieristys, vedenpoistoputket ja pellitykset. Rakenteellisesti parvekkeet toimivat ulokeparvekkeen tavoin, mutta ne voidaan asentaa ilman työnaikaista tuentaa, eivätkä parvekkeet tarvitse massiivista paikallavalettavaa vastapainorakennetta, kuten tavanomainen ulokeparveke. (H3, H4 2018.)

Frame- ja Hi-con kevytparvekkeet voidaan kevyinä rakenteina asentaa rakennuksen runkotyöhön nähden jälkikäteen, runkotyön aikana asennettuihin pulttiryhmiiin ja ripustetun parvekkeen tapauksessa pulttiryhmän lisäksi sisäkuoreen kiinnitettyihin vetotankoihin. Tämä nopeuttaa talon varsinaisen ulkovaipan rakentamista 5.kerroksisessa talossa noin 5 päivää verrattuna pieli-pilari-elementtiratkaisuun, joka on otettu laskelmissa huomioon työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksien pienenemisenä. Tarvittaessa myös Parma:n noppaparvekke voidaan myös asentaa runkotyöhön nähden jälkikäteen, mutta sen tarvitsemien juotosvalutöiden takia on parvekkeet ajateltu konseptitalossa asentaa runkotyön aikaisesti. (H4, H6 2018.)

Parvekeratkaisuista suurimmat parvekkeet ovat pilari-pielielementti ratkaisussa, jossa parvekkeiden koko vaihtelee 7 m<sup>2</sup> ja 11 m<sup>2</sup> välillä. Tavanomaiset ulokeparvekkeet sekä teräsrunkoiset ripustukseen perustuvat Frame-parvekkeet on suunniteltu kooltaan yhtenäisesti 5,6m<sup>2</sup> kokoisiksi. Kuitubetonilla toteutettavat laatikkomaiset ulokkeelliset noppaparvekkeet ovat yhtenäisesti kooltaan 4,9 m<sup>2</sup>. Ulokeparvekkeet on suunniteltu toteutettavan pienemmällä koolla niiden tarvitseman vastapainorakenteen takia. Parvekeratkaisuista Parma:n ja Hi-Con:n noppaparvekkeet ovat ainoat, jotka eivät tarvitse yläpuolelleen erillistä parvekekattoelementtiä ja vesikattoa. Parvekeratkaisuiden lattiapintana toimii betoni, paitsi Frame-parvekkeessa, jossa parvekkeen lattiapinta on toteutettu komposiittiterassilankuin parvekkeen ollessa teräsrunkoinen.

Elementtimääriä verrattaessa, pieli-pilari-ratkaisussa tarvitaan betonielementtejä ulokeparvekeratkaisuun nähden 50kpl enemmän. Tavanomainen ulokeparveke tarvitsee kuitenkin paikallavaletun vastapainorakenteen, joka toteutetaan muuttamalla parvekeseinustalla kaksi ulointa ontelolaattaa kuorilaatoiksi, joiden päälle valetaan paikallavalulaatta. Paikallavalulaatan työmäärän takia, talon toteuttaminen ulokeparvekkeilla pidentää pieli-pilari-parvekkeilla toteutettuun taloon verrattaessa runkotyötä noin 1 päivällä kerrosta kohden, vaikka elementtimäärä ratkaisussa onkin pienempi.



Kuva 13. Vertailu parvekeratkaisujen kustannusvaikutuksesta asuineliömetrin hankintahintaan. Kuitubetoninen noppaparveke ja Frame-parveke ovat huomattavasti muita ratkaisuja kalliimmat.

Parvekeratkaisujen hankintahintainen kustannusvertailu nähdään kuvassa 13. Kuten kuva osoittaa, edullisin parvekeratkaisu on pieli-pilari-ratkaisulla toteutettu parveke, vaikka parvekekoko kyseisessä ratkaisussa on muihin ratkaisuihin nähden huomattavasti suurempi. Tavanomainen ulokeparveke on edullisinta ratkaisua hankintahinnaltaan vain 4€/asm<sup>2</sup> (0,2 %) kalliimpi, joka selittyy käytännössä ulokeparvekelaatan pienemmän koon perusteella. Keskimäärin konseptitaloon suunniteltu tavanomainen ulokeparveke on hyötypinta-alaltaan noin 40% pienempi, kuin pieli-pilari-ratkaisulla toteutettu parveke. Lasitusmäärä näiden kahden ratkaisun välillä eroaa toisistaan vain 8 %, mutta se käytännössä aiheuttaa ratkaisujen välisen kustannuseron, sillä ratkaisujen rakenteelliset kustannukset ilman lasitusta ovat samansuuruiset. Tavanomaisesti pilari-pieli- ja ulokeparvekeratkaisujen hintaero muodostuu ulokeparvekkeen vaatiman paikallavalukaistan, väliaikaisten tuentojen ja ulokeparvekkeen vaatiman kalliin kannatusosan johdosta, joka muodostaa miltei puolet parvekerakenteen kokonaishinnasta. Konseptitalossa rakenteelliset kustannukset näiden ratkaisujen välillä kuitenkin tasoittuvat niiden kokoeron takia.

Noppaparvekeratkaisusta teräsbetoninen ratkaisu on hankintahinnaltaan 15€/asm<sup>2</sup> (0,7 %) kalliimpi, kuin edullisin parvekeratkaisu. Tämän myötä voidaan sanoa, että kustannuserot kolmen edullisimman ratkaisun välillä eivät ole suuret. Teräsbetonisen noppaparvekkeen kustannuseroa kahteen edullisempaan parvekeratkaisuun tasaa sen vaatima vähäinen lasitusmäärä, joka on puolet pieli-pilari- ja ulokeparvekeratkaisuun verrattaessa. Parvekelasituksen määrä on ratkaiseva, sillä se muodostaa miltei puolet koko parvekeratkaisujen kustannuksista kahdessa edullisemmassa ratkaisussa. Teräsbetonisen noppaparvekkeen rakenteelliset kustannukset ilman lasituskustannuksia ovat noin 40% kalliimmat kuin kahdessa edullisemmassa ratkaisussa. Teräsbetonisen noppaparvekkeen kustannuksia lisää yhtenäisen betonirakenteen valmistamiseen tarvittava erikoisvalmistettu teräsmuotti, jonka hinta on kustannusvertailussa jaettu yhden talon 35 asunnon parvekkeen kesken. Valmistettaessa useampia konseptitaloja samalla parvekeratkaisulla, saadaan parvekekohtaista tuotantohintaa pienennettyä ja esimerkiksi tehtäessä 3 konseptitaloa samalla noppaparvekkeella, yhden parvekkeen rakennekustannus ilman lasitusta tippuu noin 6000 eurosta 5400 euroon. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että teräsbetonisen noppaparvekeratkaisun kokonaiskustannukset laskevat samaan tasoon, kuin pieli-pilari- tai ulokeparvekkeisissä ratkaisuisissa.

Toiseksi kallein ratkaisu on teräsrakenteeseen perustuva jälkiasennettava ja ripustettu Frame-parveke, joka on hankintahinnaltaan 61€/asm<sup>2</sup> (2,8%) kalliimpi kuin edullisin parvekeratkaisu. Kyseisen parvekkeen kustannuksia nostaa etenkin rosterista valmistettavat ripustustangot. Kallein ratkaisusta on kuitubetonilla toteutettu jälkiasennettava noppaparveke, joka on hankintahinnaltaan 104€/asm<sup>2</sup> kalliimpi kuin edullisin parvekeratkaisu. Kuitubetonilla toteutettava parveke on kevyt, mutta kuitubetonin käyttö parvekkeessa nostaa kustannuksia reilusti. Kyseisten ratkaisujen suuri hintaero muihin parvekeratkaisuihin perustuu siihen, että ne ovat erikoiskevyitä tuotteita, jotka ovat jälkiasennettavuutensa takia tarkoitettu lähinnä suurempiin uudisrakennuskohteisiin sekä korjausrakentamiseen. Mikäli rakennettava kohde olisi suurempi ja parvekemäärä isompi, saavutettaisiin näiden kevyiden parvekeratkaisujen avulla suurempi kustannushyöty lyhentyneen runkoajan johdosta, jolloin kyseisten parvekeratkaisujen hyödyntäminen olisi järkevää.

Taulukko 4. Parvekkeiden vertailutaulukko.

Parvekkeiden vertailutaulukko					
	Pieli-pilari	Uloke	Noppaparveke teräsbetoni	Noppaparveke kuitubetoni	Frame
Parveke neliömäärä	7-11 m <sup>2</sup>	5,6 m <sup>2</sup>	4,9 m <sup>2</sup>	4,9 m <sup>2</sup>	5,6 m <sup>2</sup>
Parveke kustannus	119 380 €	118 520 €	194 550 €	*	*
Lasitusmäärä	217 jm	235 jm	105 jm	105 jm	235 jm
Lasituskus- tannus	97 650 €	105 750 €	47 250 €	*	*
Ratkaisun ko- konaiskustan- nus	217 030 €	224 270 €	241 800 €	386 386 €	316 386 €
Hankintahinta €/asm <sup>2</sup>	2 122 €	2 126 €	2 137 €	2 226 €	2 183 €
Hintaero edullisimpaan €/asm <sup>2</sup> (%)	Edullisin	4 € (0,2%)	15 € (0,7%)	104 € (4,6%)	61 € (2,8%)

\* kuuluu kokonaisurakkaan

Parvekkeiden vertailutiedot on koottu taulukkoon 4 vertailun selkeyttämiseksi. Parveke-  
ratkaisusta pieli-pilari-ratkaisun parvekekoko on muihin ratkaisuihin nähden huomatta-  
vasti suurempi, jonka myötä voidaan nähdä sen olevan ratkaisusta asukasmyönteisin  
vaihtoehto. Kustannuserot kolmen edullisimman vaihtoehdon välillä eivät kuitenkaan ole  
ratkaisevat suuret, sillä esimerkiksi ulokeparveke on talon kokonaiskustannuksissa vain  
noin 7000€ kalliimpi ja teräsbetoninen noppaparveke noin 25 000€ kalliimpi kuin pieli-  
pilari-ratkaisu. Tämän myötä voidaan sanoa, että konseptitaloon saadaan kustannustehok-  
kaasti aikaan kaavallista muuntelevuutta erilaisten parvekevaihtoehtojen avulla.

### 3.3.2 Välipohjaratkaisut

Max koti-kerrostalokonseptin perusratkaisussa käytetään ontelolaatoin toteutettavaa vä-  
lipohjaratkaisua, jossa välipohjat toteutetaan 370mm ontelolaatoilla ja sen päälle tulevilla  
tasoitekerroksella ja pintarakenteella. Kyseinen välipohjaratkaisu on tavanomainen  
asuinkerrostaloissa, sillä se täyttää asuinrakennusten ääneneristysvaatimukset ja pesu-  
huoneiden kallistusvalut voidaan suorittaa pesuhuoneiden kohdille suunniteltuihin kolo-  
laattoihin. Toinen yleisesti käytetty välipohjaratkaisu on välipohjan toteuttaminen paikal-  
lavalettuna massiivilaattana. Tässä luvussa selvitetään ja vertaillaan kyseisen kerrostalo-  
konseptin kustannuksia ja toteuttamista, kun välipohja on toteutettu perusratkaisun tavoin  
ontelolaatoilla ja vastaavasti, kun välipohja on toteutettu paikallavalettuna. Molemmissa  
tapauksissa lämmitysjärjestelmänä toimii kaukolämpöön perustuva patterilämmitys. Mi-  
käli lattialämmitystä käytettäisiin, olisivat lämmitysjärjestelmän kustannukset ratkai-  
suissa samat, sillä lämmitysputkisto asennetaan molemmissa tapauksissa holvin päälle  
tulevan eristyskerroksen pintaan, jotta lämmitysvaikutus kohdistuu mahdollisimman teh-  
okkaasti huonetilaan.

Ontelolaatat ovat esijännitettyjä laattaelementtejä, jotka toteutetaan teollisesti liukuvaluna tehdasolosuhteissa. Ontelolaatat mahdollistavat pitkien jännevälien saavuttamisen, ja esimerkiksi yleisesti asuinrakennuksissa käytetyn ontelolaattatyypin, 370mm ontelolaatan maksimijänneväli on 14 metriä (Elementtisuunnittelu 2018). Jänneväliden maksimipituuksiin vaikuttavat kuitenkin laattoihin tehtävät varaukset ja pesuhuonekoloukset. Konseptitalossa kylpyhuoneiden kololaatat eivät aiheuta laattojen kantavuuden myötä ongelmaa, kun ontelolaatat asennetaan parvekkeiden suuntaisesti, jolloin maksimijänneväli suurimmissa päätyasunnoissa on 7,5m. Ontelolaatoilla toteutettavan välipohjan työvaiheisiin kuuluu elementtien asennus, ontelokentän raudoitus, tukkotyöt ja talotekniset asennukset sekä juotosvalu ja betonin kovettumisen jälkeinen tukkomuottien poisto.

Konseptitalon ontelolaatoille vaihtoehtoisena välipohjaratkaisuna tässä työssä käytetään 260mm korkeaa paikallavalulaattaa ja sen päälle tulevia pintarakenteita. Kyseinen välipohjaratkaisu on nimensä mukaisesti kokonaisuudessaan paikalla toteutettu ja sen työvaiheisiin kuuluvat muottityö laatan alapuolella ja sivuilla, raudoitus, talotekniset asennukset sekä betonointi ja sen jälkeinen muotin purku. Paikallavaletun välipohjan jänneväliden pituuksien kanssa ei tule konseptitalossa ongelmia, sillä huoneistojen pieni koko ja kantavien seinien väliset etäisyydet eivät kasva ristiin-kantavalle välipohjalle liian suuriksi (H2 2018).

Lähtökohtaisesti nämä kaksi välipohjaratkaisua eroavat toisistaan siinä, että ontelolaattarakaisu hyödyntää rakenteiden esivalmistusta, mikä paikallavalurakenteessa on vähäistä. Tämän myötä ontelolaattavälipohja vähentää työmaalla suoritettavaa työmäärää paikallavalettuun välipohjaan verrattaessa, mikä on myös nähtävissä konseptitalon rakentamisen aikataulussa, joka esitetään myöhemmin tässä luvussa. Aikataulullisesti verrattaessa, ontelolaattarakaisussa elementtien raudoitus, saumavalu sekä muottityö on hyvin vähäistä verrattaessa paikallavalurakenteessa suoritettaviin töihin, jonka myötä ratkaisuja vertailtaessa on myös otettu huomioon lisääntyneet työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset pidentyneen runkotyön johdosta. Ontelolaattavälipohjassa pesuhuoneiden kololaattoihin suoritetaan erillinen kaatolattiavalu, joka ei ole tahdistava työvaihe rakennuksen toteutuksessa. Paikallavalurakenteessa pesuhuoneiden kaatolattiat pystytään suorittamaan samanaikaisesti, kun koko holvi valetaan. Kustannusero kaatolattiavalun toteutuksessa eri välipohjaratkaisujen välillä on pieni, mutta sen vaikutukset otetaan kustannusvertailussa huomioon.

Välipohjaratkaisujen kustannusvertailu löytyy kuvasta 14. Kohteen välipohjien kokonaispinta-ala on 2616 m<sup>2</sup>. Kustannusvertailun hinnoittelu perustuu kohdeyrityksen kustannustietoihin valmistuneista ja käynnissä olevista kohteista (H1, H5 2018). Ontelolaattavälipohjan kustannuksissa on otettu huomioon ontelolaattojen määrä 238 kpl, kokonaispinta-ala, saumavaluraudoitus, ontelolaattakentän betonointi, paikallavalukaistojen pinta-ala sekä ontelorakenteen päälle tarvittava oikaisukerros. Paikallavaletun välipohjan kustannuksissa on otettu huomioon alapuolinen muottityö, reunojen muottityö, raudoitus, betonointi sekä pinnan hierto ja rakenteen päälle tarvittava pinnan oikaisukerros. Ontelolaattarakenteessa pinnan oikaisukerros on laskettu suuremmalla menekillä verrattaessa paikallavalettuun hierontopintaan, sen suuremman epätasaisuuden vuoksi. Teoriassa paikallavalurakenne pystytään toteuttamaan pinnaltaan niin suoraksi, ettei erillistä oikaisukerrosta tarvita, mutta käytännön kokemuksen perusteella voidaan todeta, että kyseisen kohteen yli 400 m<sup>2</sup> lattiavalujen suorittaminen ilman oikaisutasoitetta ei ole realistista (H2 2018).

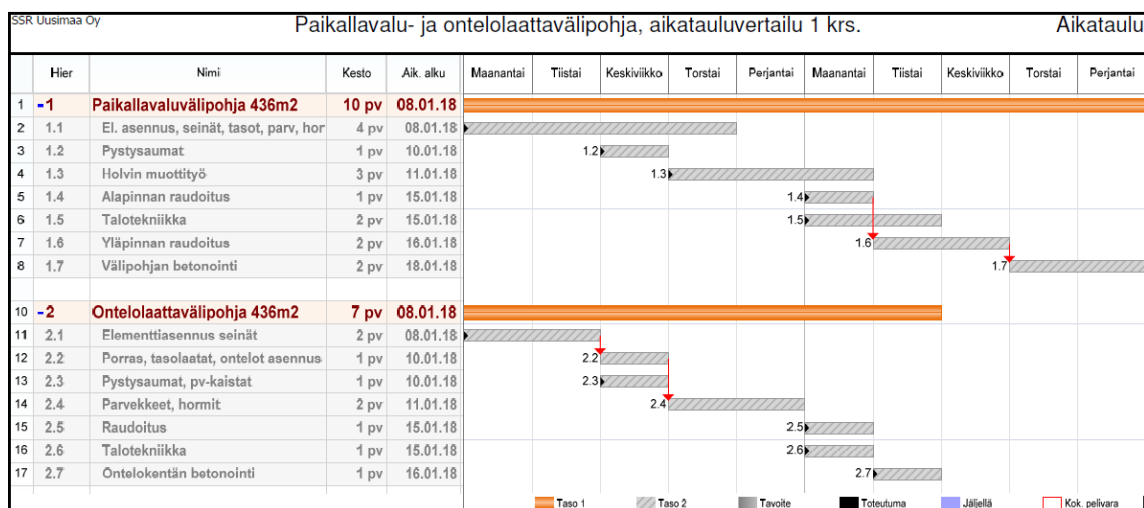


Kuva 14. Vertailu välipohjaratkaisujen kustannusvaikutuksesta asuineliömetrin hankintahintaan. Vertailussa otettu huomioon paikallavaletun välipohjan kasvaneet työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset pidentyneen runkoajan johdosta.

Kuten kuva 14. osoittaa, ontelolaatoilla toteutettava välipohjaratkaisu on kyseisessä konseptitalossa hankintahinnaltaan 2227€/asm2, joka on noin 3% edullisempi kuin verrattava paikallavalettava vaihtoehto, jonka hankintahinta on 2297€/asm2. Välipohjaratkaisujen kokonaishintaero on noin 110 000€, ontelolaatoin toteutettavan rakennuksen kokonaiskustannusarvion ollessa 3 617 162€. Ratkaisujen kustannuseroa selittää laajalti paikallavalurakenteen suuri työmäärä työmaaolosuhteissa. Laskennan lukuja vertailtaessa voidaan huomata, että koko kohteen laajuisen välipohja-alan suurimman kustannuserän muodostava ontelolaattojen kustannus on samalla tasolla, kuin paikallavaletussa rakenteessa pelkän alapuolisen muottityön kustannus, jota nostaa erityisesti vaadittavan kaluston määrä. Tämän lisäksi paikallavaletun rakenteen kustannuksia nostavat suuremmat rauditus- ja betonointityöt työmaalla, sekä työmaan lisääntyneet käyttö- ja yhteiskustannukset, jotka muodostavat miltei kolmanneksen kustannuserosta. Ratkaisujen kustannuksia tasaa pesuhuoneiden kaatovalujen suorittaminen jälkitöinä sekä lattian oikaisutasoitteen suurempi menekki ontelolaattavälipohjassa.

Vertailtavien välipohjaratkaisujen välille toteutettiin kerroskohtainen aikatauluvertailu, joka nähdään kuvassa 15. Aikataulu on laadittu diplomityön projektipäivän yhteydessä (H2 2018) ja se perustuu kokeneiden työmaahenkilöstöjen kokemukseen työmaiden toteuttamisesta. Ontelolaattavälipohja on aikataulun mukaisesti työsuoritteiltaan 3 työpäivää paikallavalettua välipohjaa lyhytkestoisempi. Välipohjien aikataulut on laadittu realistisesti yleisaikataulun näkökulmasta, jolloin myös häiriövarat on otettu huomioon. Paikallavaletun välipohjan suurempi herkkyys sääolosuhteita ja työvaiheiden häiriöitä kohtaan, on huomioitu lisäämällä aikatauluun välipohjan betonointiin 1 työpäivä. Paikallavalurakenteen sisältäessä useita työvaiheita ja urakoitsijoita, on kyseinen välipohjaratkaisu huomattavasti herkempi esimerkiksi mahdollisiin työntekijöistä aiheutuviin tuotantohäiriöihin. Myös yhtenäisen sadepäivän osuessa kohdalle, ei paikallavaletun välipohjan betonointia ole järkevä suorittaa. Myös ontelokratkaisun aikataulutuksessa on otettu huomioon mahdolliset häiriötekijät ja molemmissa ratkaisuissa elementtien asentaminen on päätetty toteutuvan keskimäärin 18 elementin päivävauhdilla, joka on käytännön kautta nähty olevan realistinen lukumäärä. (H2 2018.)

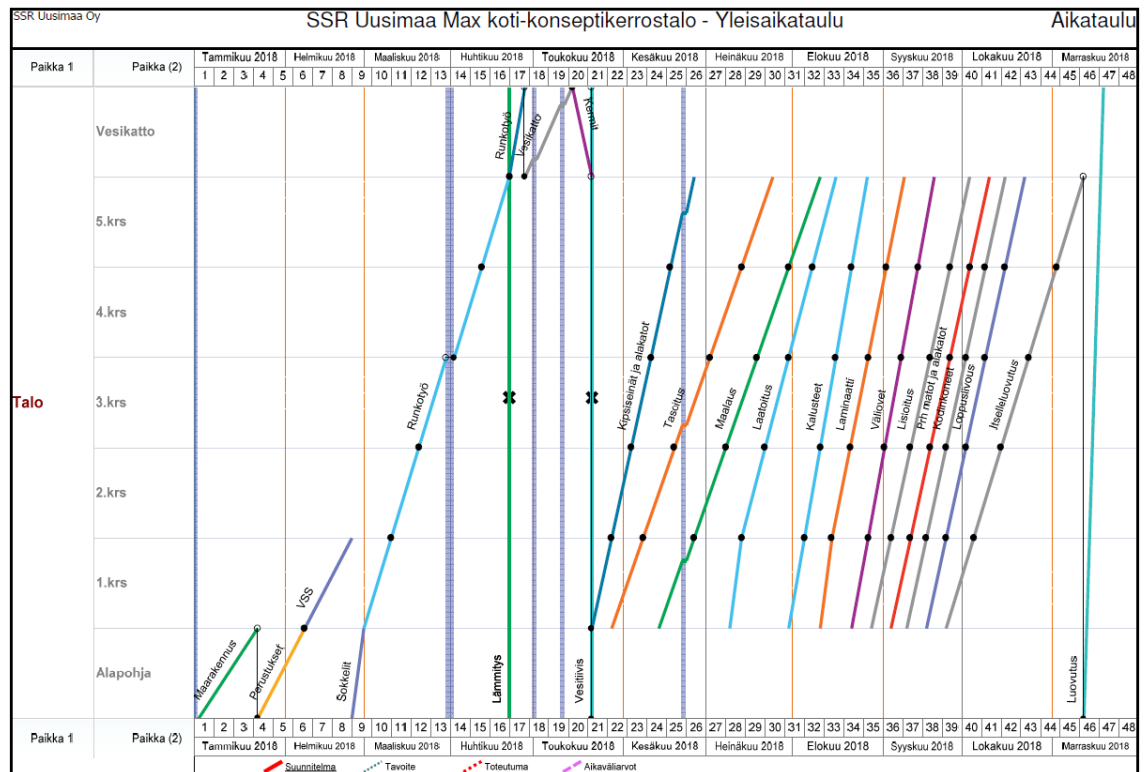




Kuva 15. Välipohjaratkaisujen yhden kerroksen (436 m2) aikatauluvertailu.

Paikallavaletun rakenteen muuttityöt ja raudoitus on laskettu toteutettavan 4 työntekijää sisältävän työryhmän voimin, joka on myös elementtien asentamiseen laskettu työryhmän koko. Kaiken kaikkiaan, paikallavaluvälipohja lisää koko projektin keston noin 18 työpäivää verrattaessa ontelolaattavälipohjaan. Tämän myötä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset nousevat yli 6%. Käyttö- ja yhteiskustannusten ollessa projektissa runkotyön aikana keskimääräisesti 9660€ viikossa, tämä tarkoittaa yhteensä noin 35 000€ lisäystä kustannuksiin. Paikallavalamalla toteutettavan välipohjan suurempia käyttö- ja yhteiskustannuksia voitaisiin pienentää esimerkiksi suurentamalla muuttityötä ja raudoitusta toteuttavan työryhmän kokoa, jolloin realistisesti toteuttamalla olisi mahdollisuus lyhentää kerroskohtaista aikataulua yhden työpäivän verran. Aikataulussa on kuitenkin työ laskettu toteutettavaksi pienemmällä työryhmällä, suuremman työryhmän vaikutus työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin olisi muutaman prosenttiyksikön luokkaa.

Välipohjaratkaisujen vertailun ohessa, tehtiin projektipäivänä (H2 2018) kerättyjen tuotantotietojen perusteella konseptitalolle yleisaikataulu, joka nähdään kuvassa 16. Yleisaikataulu on laadittu ontelolaattavälipohjan mukaisesti. Projektin aloituspäivämääräksi on määritetty 2.1.2018 ja yleisaikataulun mukaisesti projekti luovutettaisiin asukkaille marraskuun toiseksi viimeisellä viikolla (vko 47), jolloin rakennusajaksi muodostuisi noin 11 kuukautta. Kuten aikataulusta nähdään, kriittisimmäksi työvaiheeksi projektin aikana muodostuu runkotyö, sillä sisävalmistusvaiheen työvaiheita ei voida aloittaa, ennen kuin talo on saanut vedenpitävän ulkovaipan. Tämän myötä välipohjarakenteen muutos ontelolaattatoteutuksesta paikallavalettuun toteutukseen vaikuttaa ratkaisevasti koko projektin aikatauluun ja välipohjien toteuttaminen paikallavalettuna siirtää kohteen luovutusajankohtaa miltei neljällä viikolla eteenpäin joulukuun puoliväliin viikolle 50.



Kuva 16. Konseptikerrostalon yleisaikataulu ontelolaattavälipohjalla toteutettuna.

Yleisaikatauluun on merkitty kohteen tahdistavat työvaiheet, joiden kesto perustuu kohteen laajuustietoihin, arkkitehtipiirustuksiin ja projektipäivänä (H2 2018) kerättyyn tietoon. Aikataulun yksinkertaistamiseksi, on projektin aloitus määritetty tammikuun alkuun, jonka myötä runkotyön aloitus maanrakennus-, perustus- ja väestönsuojatöiden jälkeen on helmikuussa viikolla 9. Runkotöiden jälkeen tärkeä ajankohta on rakennuksen lämmityksen päälle saaminen viikolla 16, jonka myötä rakenteiden kuivuminen varmistetaan. Rakennuksen vesitiiviyys saavutetaan viikolla 21, jonka myötä sisävaiheen työt käynnistyvät väliseinien teolla, ja jatkuvat aina projektin loppuun saakka. Aikataulutetavista kipsiseinät ja alakatot, tasotus- ja maalaustyöt sekä laminaattityöt on suunniteltu toteutettavan yhden työryhmän voimin ja laatoitustyö sekä kalusteasennus kahden työryhmän voimin, jotta aikataulun sisätöiden loppupäätä on saatu järkevöitettyä. Aikataulussa nähtävien viimeisten sisätöiden limittäinen sijainti perustuu siihen, että kyseiset työvaiheet, kuten väliovien asennus, porrashuoneiden alakatot ja -mattotyöt sekä kodinkoneasennus ovat nopeita työvaiheita, jotka suoritetaan yleisesti yksilötyönä. Yleisaikataulusta puuttuvia, niin kutsuttuista ei tahdistavista työvaiheista voidaan mainita esimerkiksi parvekkeiden lasitukset, pihatyt, kaatolattiavalut sekä lattioiden oikaisun kipsivalut. Kyseiset työvaiheet ovat tärkeitä, mutta niiden vaikutus projektin aikatauluun ei tahdistaa muita töitä, mikäli työt ovat suoritteiltaan ja ajankohdiltaan oikein suunniteltuja ja toteutettuja.

Ontelolaatta- ja paikallavaletun välipohjan aikataulullisesta kelpoisuudesta konseptitalon toteutukseen on syytä ottaa huomioon ratkaisujen betonin kuivumisajat rakenteen päällystettävyyden suhteen. Tavanomaisten lattianpinnoitteiden, kuten laminaatin ja parketin betonialustan suhteellinen kosteus saa olla enintään 85% (Upofloor 2018). Kirjan ”Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi” (Merikallio 2015) betonirakenteiden kuivumisaikataulukoiden perusteella, ontelolaattavälipohjan kuivuminen suhteellisesti kosteudeltaan 85% kosteuteen tavanomaisissa rakentamisolosuhteissa (18°C/50%RH, rakenne kastuu 4 viikkoa), kestää noin 9 viikkoa ja otettaessa myös 25mm

paksu tasoitekerros huomioon, kestää kuivuminen noin 15 viikkoa. Vastaavasti vesisementtisuhteeltaan alle 0,5 olevan betonin kuivuminen tavoitekosteuteen konseptitaloa vastaavassa paikallavalu-välipohjarakenteessa 10 mm paksulla tasoitekerroksella tavanomaisissa rakentamisolosuhteissa (18C°/60%RH, rakenne kastuu 4 viikkoa), kestää noin 20 viikkoa. Tämän myötä voidaan sanoa, että yleisaikataulussa betonirakenteiden kuivumiseen vaadittava aika ei aiheuta ongelmia kummassakaan rakenteessa, sillä lattiarakenteiden kuivumiseen runkotyön ja pintarakenteen asennuksen välissä aikaa on lyhyimmillään noin 20 viikkoa. Rakenteiden kuivumiseen on kuitenkin syytä kiinnittää erityishuomiota työmaan toteutuksessa etenkin paikallavaluvaihtoehdon ollessa kyseessä, ettei aikataulullisia viivästymisiä synny liiallisen rakennekosteuden takia. (Merikallio 2002, s.42, 48, Saarinen 2007.)

Välipohjaratkaisujen kustannuksia verrattaessa, on syytä myös ottaa huomioon talven vaikutus rakentamiskustannuksiin. Talviaikana suoritettava runkotyön toteutus on poikkeuksetta kustannuksiltaan kalliimpaa kuin kesäaikaan suoritettaessa, joka johtuu tuotannon tehokkuuden pienenemisestä ja lisäresurssien käytöstä. Talvella runkotyön toteuttaminen vaatii enemmän kalustoa ja esimerkiksi vaadittava lämmitystyö aiheuttaa suuremman energian kulutuksen. Saarinen (2007) ja Aalto (2015) vertailivat opinnäytetöissään talvirakentamisen kustannusvaikutuksia ontelolaatta- ja paikallavaluvälipohjan toteutuksessa. Töiden mukaan ontelolaattavälipohjalla talvi lisää tuotantokustannuksia noin 10% ja paikallavalutoteutuksen todettiin olevan talvisaikaan noin 3-6% tuotantokustannuksiltaan onteloratkaisua kalliimpi. Kustannuseron todettiin syntyvän muun muassa betonimassan lämmityksestä, sekä talvityön myötä lisääntyneistä työmeneekeistä, joiden vaikutus paikallavalutoteutukseen on työmaalla tehtävän työmäärän johdosta suurempi. (Saarinen 2007, Aalto 2015.)

### 3.3.3 Kerrosmäärä

Max koti-kerrostalokonseptin perusratkaisussa konseptitalo on toteutettu 5-kerroksisena, jossa ensimmäinen kerros koostuu asunnoista ja yhteistiloista ja kerrokset 2-5 asunnoista, jotka ovat kerroskohtaisesti identtisiä. Tässä luvussa perehdytään konseptitalon muuttamisesta kerrosluvultaan 5-kerroksisesta 8-kerroksiseksi taloksi. 8-kerroksisessa talossa, kerrokset 2-8 koostuisivat asunnoista, jotka olisivat perusratkaisun tapaan kerroskohtaisesti identtisiä.

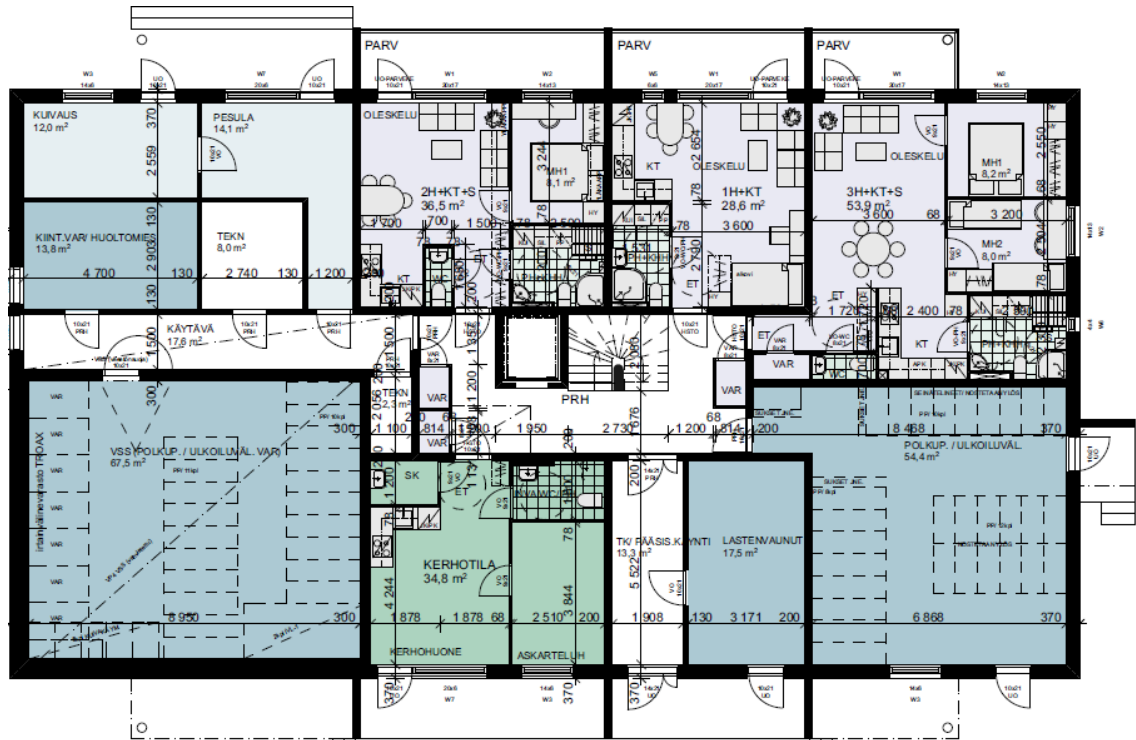
Konseptitalon muuttamisella 8-kerroksiseksi pyritään vastaamaan kaupunkien suurempiin aluetehokkuusvaatimuksiin, joilla on asuinaluekohtaisia eroja. Mitä suurempi aluetehokkuusluku, sitä suurempi on kaavoitetun alueen rakentamistiheys. Aluetehokkuuden kasvattamisen menetelmiä ovat korkeampien rakennusten rakentaminen ja niiden sijoittaminen tiheimmin toisiinsa nähden. Kerrosmäärän kasvattamisen avulla on myös saavutettavissa kustannushyötyjä asuineliömetrin hankintahinnoissa, jotka tässä työssä konseptitalon kustannusarvioiden perusteella selvitetään. Kerrosmäärän kasvattamisen kustannushyödyt perustuvat siihen, että myytävää lisäasuintilaa pystytään toteuttamaan samoilla resursseilla, kuin pienemmän kerrosluvun taloissa rakennusajan maltillisella pidentämisellä. On myös huomattavaa, että monien työvaiheiden, kuten esimerkiksi maanrakennustöiden sisältö ei juurikaan lisäännä, vaikka tuotetaan suurempi määrä asuntoja. 8-kerroksinen asuinkerrostalo on käytännössä kerrosluvultaan suurin toteutettava talo, jossa kantavien ja jäykistävien rakenteiden paloluokkavaatimukset voidaan toteuttaa samantyyppisillä rakenteilla. Mentäessä tätä korkeampiin asuinrakennuksiin, rakenteiden palonkestävyysvaatimukset kasvavat (Ympäristöministeriö 2017, H7 2018).

5-kerroksisen konseptitalon asuntomäärä on 35 kpl ja asuintilojen yhteenlaskettu ala 1624m<sup>2</sup>. Toteutettaessa konseptitalo 8-kerroksisena, asuntojen yhteenlaskettu lukumäärä on 57 kpl ja myytävien asuintilojen ala 2688m<sup>2</sup>. Kerrosmäärän kasvattaminen kahdeksaan tarkoittaisi siis noin 40% kasvua talon asuinneliöihin. Talon kasvaneen asuntomäärän myötä 1.kerroksen pohjaratkaisua on muutettava, sillä suurempi asukasmäärä kasvattaa vaadittuja yhteistiloja ja myös väestönsuojan kokoa tulee kasvattaa. Taulukossa 5 on nähtävissä konseptitalon perusratkaisussa toteutuneet yhteistilojen neliömäärät sekä yhteistilojen kokovaatimuksiin perustuvat 8-kerroksisen konseptitalon yhteistilojen minimivaatimukset. On huomattavaa, että esimerkiksi pesulaa ja kuivaushuonetta koskevat vaatimukset edellyttävät, että talossa on oltava vaatteiden pesumahdollisuus, mikäli kaikissa asunnoissa on varattu tila pesukonetta varten. Pesu- ja kuivaustilat pystytään täten toteuttamaan samankokoisina molemmissa konseptitaloissa, kuten myös siivous- ja talovarastotilat.

Taulukko 5. Yhteistilojen vaatimukset. Suurin ero 5- ja 8-kerroksisen konseptitalon yhteistilojen välille aiheutuu väestönsuojan määräyksistä, joiden myötä väestönsuojan tulee asukaskoon kasvaessa olla noin 40m<sup>2</sup> suurempi (Helsingin kaupunki 2012).

Yhteistilojen vaatimukset				
Kerrosmäärä		5	8	
	Vaatus	Toteutunut	Vaadittu	Ero
VSS	2% kerros-m <sup>2</sup>	67,5m <sup>2</sup>	109m <sup>2</sup>	41,5m <sup>2</sup>
Pesula	Suositus	14,1m <sup>2</sup>	14,1m <sup>2</sup>	-
Kuivaus	Suositus	12m <sup>2</sup>	12m <sup>2</sup>	-
Polkupyörät	1kpl/30asm <sup>2</sup>	70kpl	92kpl	22kpl
Lastenvaunut	0,5m <sup>2</sup> /as	17,5m <sup>2</sup>	29,5m <sup>2</sup>	12m <sup>2</sup>
Kerhotila	1-2% kerros-m <sup>2</sup>	34,8m <sup>2</sup>	35,5m <sup>2</sup>	0,7m <sup>2</sup>
Ulkoiluvälineet	2m <sup>2</sup> /as	105m <sup>2</sup>	118m <sup>2</sup>	13m <sup>2</sup>
Siivous	1kpl/rakennus	1kpl	1kpl	-
Talovarasto	5m <sup>2</sup>	5m <sup>2</sup>	5m <sup>2</sup>	-

8-kerroksisen konseptitalon väestönsuojan kokovaatimuksen kasvamisen myötä, on taloon rakennettava suurempi väestönsuoja, joka mahdollistetaan väestönsuojan viereisen kerhotilan muuntamisena väestönsuojarakenteiseksi. Kasvaneeseen väestönsuojaan saadaan sijoitettua myös asuntomäärän kasvamisen johdosta tarvittavat 13kpl irtainvarastoja. Kerhotilan (34,8 m<sup>2</sup>) muuttuessa väestönsuojaksi, tulee 1. kerroksen kaksioasunto (36,5 m<sup>2</sup>) muuttaa kerhotilaksi. 1. kerroksen yksiöasunto (28,6 m<sup>2</sup>) tulee muuttaa lastenvaunu- ja ulkoiluvälinevarastoksi, jotta vastataan yhteistilavaatimukseen (Helsingin kaupunki 2015). Tämän myötä 8-kerroksisen konseptitalon asuntomääräksi tulee 57 kpl, ja 5-kerroksiseen taloon verrattuna 1. kerroksessa asuntojen määrä vähenee kahdella. Kuvassa 17 nähdään 5-kerroksisen konseptitalon 1.kerroksen pohjakuva, jota edellä mainitut tilamuutokset koskevat.

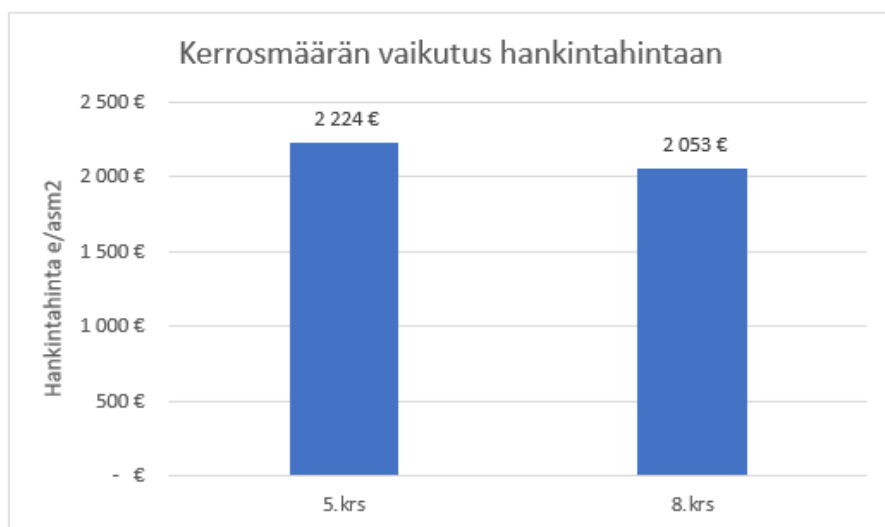


Kuva 17. 5-kerroksisen konseptitalon 1. kerros. Konseptitalon kerrosmäärän kasvaessa, joudutaan kaksi ensimmäisen kerroksen asuntoa muuttamaan yhteistiloiksi.

Kerroslukumäärän kasvattaminen ei oleellisesti muuta kantavia rakenteita, eikä rakennuksen paloluokitus muutu, kun konseptitalon perusratkaisua kasvatetaan kolmella kerroksella. Kantavien seinien paksuudet pysyvät molemmissa ratkaisuisa samoina, ainoastaan 8-kerroksisessa talossa rauditus lisääntyy niin, että kahden alimman kerroksen seinien lisäraudoituksen sijaan, raudoitusta lisätään rakennuksen kantavien seinien osalta viiteen alimpaan kerrokseen. Rakennuksen anturoiden koko myös kasvaa hieman rakennettaessa 5-kerroksisen sijaan 8-kerroksinen konseptitalo, niiden kantamien kasvaneiden kuormien johdosta. Rakenteelliset muutokset ovat kuitenkin varsin vähäisiä, jonka myötä suurta kustannuseroa rakenteiden vahvistamisesta ei konseptitalon kerrosmäärän kasvattamisesta synny. Tarvittavat rakenteelliset muutokset eivät täten vaikuta suuresti konseptitalon kustannuksiin, mutta ne on otettu huomioon verrattaessa konseptitalon kustannuksia 8- ja 5-kerroksisen talon välillä. Kustannusero talojen välillä syntyy lähinnä suurempien määrien myötä, sillä samoja rakenteita pystytään käyttämään myös kerrosluvultaan isommassa konseptitalossa. (H7 2018).

5- ja 8-kerroksisen konseptitalon asuineliömetrin hankintahintainen kustannusvertailu löytyy kuvasta 18. Kustannuksien määrittelyssä on otettu huomioon kerrosmäärän kasvun johdosta aiheutuneet määrällisäykset rakennusosakohtaisesti. Kerrosmäärän kasvaessa esimerkiksi talotekniikan, elementtien, julkisivurakenteiden, lattiarakenteiden ja pintarakenteiden määrä kasvaa tasaisesti. Esimerkiksi teräsbetonielementtien lukumäärää tarkastellessa, 5-kerroksisessa konseptitalossa on yhteensä noin 630 kpl elementtejä, joka tarkoittaa yhtä kerrosta kohden noin 125 kpl elementtejä. Lisätessä taloon 3 kerrosta, elementtimäärä kasvaa lähes tuhanteen. Laskelmissa on myös otettu huomioon ensimmäisen kerroksen tilamuutokset ja esimerkiksi väestönsuojarakenteiden kasvaminen noin 40%. Huomioitavaa vertailulaskennassa oli, että esimerkiksi vesikattorakenteiden ja piharakenteiden kustannukset pysyvät molemmissa ratkaisuisa samoina. Myös maa- ja pohjarakennustöiden sekä perustustöiden kustannukset nousevat maltillisesti, sillä anturakoon

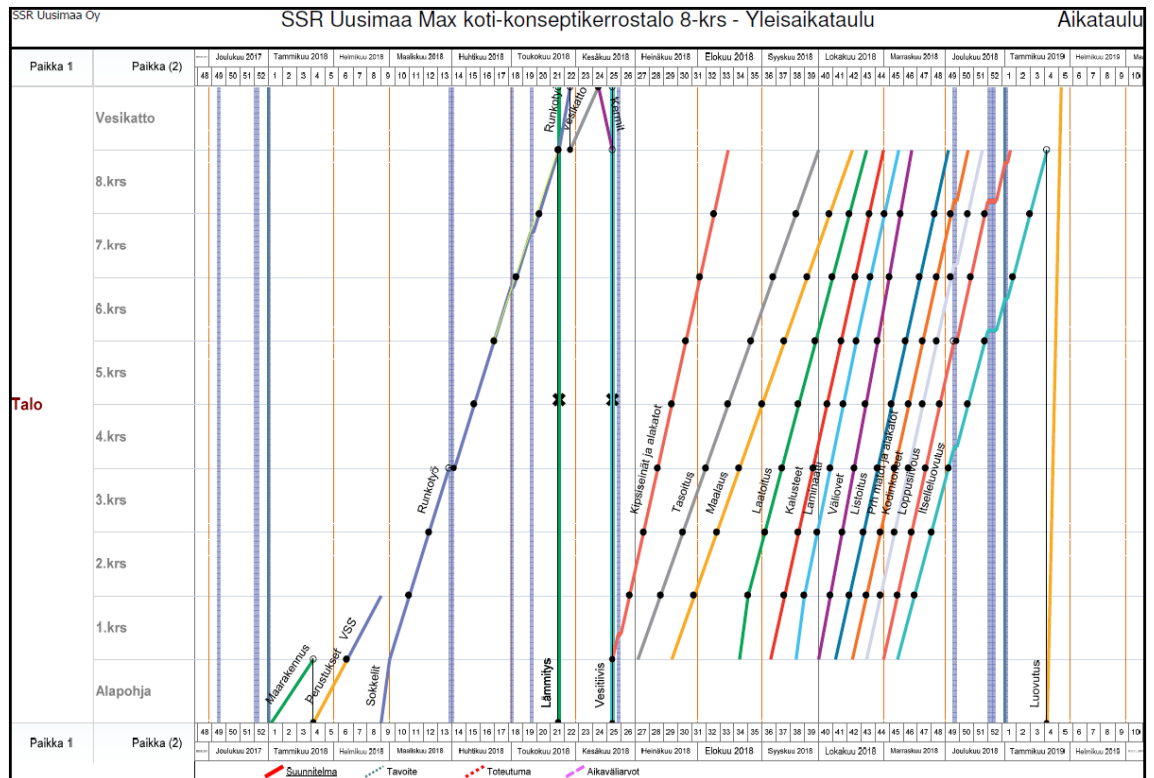
muutos ei aiheuta suuria lisäkustannuksia etenkin maanrakennustöihin, jotka muodostavat kuitenkin suuren osan, noin 6% 5-kerroksisen konseptitalon kokonaiskustannuksista.



Kuva 18. Vertailu kasvaneen kerros määrän vaikutuksesta asuinneliömetrin hankintahintaan. Kustannuseron selittää pääasiassa se, että talon asuinneliömäärä on kasvanut noin 40%, eikä usean työkokonaisuuden kustannukset merkittävästi muutu ja kolmen lisäkerroksen rakentaminen vaikuttaa pidentävästi vain noin 10 viikolla talon kokonaisrakennusaikaan.

Kuvasta 18. nähdään, että 8-kerroksinen konseptitalo on hankintahinnaltaan 2053€/asm2, joka on 171€/asm2 edullisempi, kuin 5-kerroksisena toteutettava talo. Kerros määrän kasvattaminen 3 kerroksella aiheuttaa siis 7,7% pienentävän kustannusvaikutuksen yhden asuinneliömetrin hankintahintaan. 8-kerroksisen talon kokonaiskustannus tavoitearviossa on 5 517 708€, kun vastaavasti 5-kerroksisen talon kokonaiskustannus on 3 611 214€. Sijoituksena, kahdeksan kerroksinen konseptitalo on siis noin 1,9 miljoonaa euroa suurempi, kuin 5-kerroksinen talo, mutta sen avulla asuinneliömetrin hankintahintaa saadaan merkittävästi pienennettyä, jonka myötä asuntojen houkuttelevuutta mahdollisia asiakkaita varten parannetaan edullisempien hintojen johdosta.

8-kerroksiselle konseptitalolle toteutettiin myös yleisaikataulu samoilla työsaavutuksilla, kuin luvussa 3.3.2 tehdyssä 5-kerroksisen konseptitalon yleisaikataulussa, joka on toteutettu ontelolaattavälipohjalla. Yleisaikataulu 8-kerroksiselle talolle on esitetty kuvassa 19. Verrattaessa 5-kerroksisen talon toteutukseen, 8-kerroksisen talon rakentamisajan kokonaiskesto on noin 10 viikkoa pidempi, johtuen kasvaneen runkotyön ja sisätöiden määrästä. Kokonaisuudessaan 10 viikon rakennusajan lisäys ei ole pituudeltaan kuitenkaan suuri ottaessa huomioon, että myytävien asuinneliöiden määrä kasvaa lähes 40%. Tämä selittää myös osaltaan kuvassa 18 nähtävää asuinneliömetrin hankintahintaista kustannuseroa konseptitalojen välillä. Talojen kustannusvertailussa otettiin huomioon työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset. Vertailun molemmille ratkaisuille toteutettiin työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten (litterat 8 ja 9) tarkennettu laskelma kohdeyrityksen kyseisten nimikkeiden laskentaan käyttämää taulukkoa hyödyntäen. 10 viikon rakennusajan lisäys kasvattaa työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksia 21% (n.160 000€), kun samanaikaisesti myytävien asuinneliöiden määrä kasvaa yli kolmanneksen. 8-kerroksisen talon työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset ovat täten noin 211€/brm2, kun ne 5-kerroksisessa talossa ovat 267€/brm2.



Kuva 19. 8-kerroksisen konseptitalon yleisaikataulu. Aikataulu on toteutettu samoilla työsaavutuksilla, kuin aikaisemmin esitetty 5-kerroksisen talon ontelolaattaväliopohjalla toteutettu aikataulu.

### 3.3.4 Pohjaratkaisut

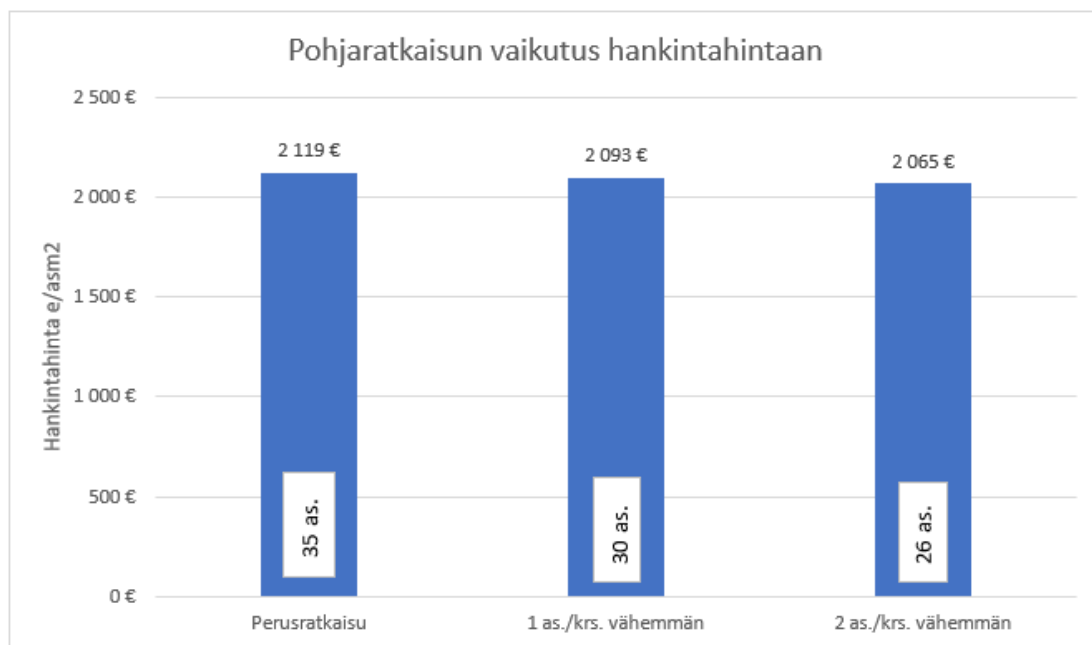
Max koti-kerrostalokonseptin perusratkaisussa asuntoja on 35 kappaletta, joissa asuintilaa on yhteensä 1624 m<sup>2</sup>. Tämän myötä perusratkaisun asuntojen keskipinta-alaksi muodostuu 46,4 m<sup>2</sup>. Konseptin kehitystyössä on syntynyt tarve selvittää, miten pohjaratkaisun muuttaminen niin, että jokaisesta kerroksesta vähennetään yksi asunto, vaikuttaa syntyviin hankintakustannuksiin. Asuntojen lukumäärä vähenee täten 30 kappaleeseen, joka vastaavasti tarkoittaa asuntojen keskipinta-alan kasvamista 54,1 neliömetriin. Käytännössä tämä tarkoittaa konseptin pohjaratkaisussa yksiöhuoneiston liittämistä kaksiohuoneistoon, jonka myötä yhdistetyn asunnon neliömääräksi tulee 65,2 m<sup>2</sup>, joka vastaa neliömäärältään miltei pohjaratkaisun huoneistoa, jossa on 4 huonetta ja keittiö (69,1 m<sup>2</sup>).

Tässä luvussa selvitetään, kuinka paljon yhden asunnon pois jättäminen kerroksista vaikuttaa asuinneliömetrin hankintakustannuksiin. Samalla selvitetään myös kustannukset, kun kerroksen molemmat yksiöhuoneistot yhdistetään kaksiohuoneistoihin, jolloin talon asuntomääräksi tulee 26 kappaletta ja keskipinta-ala kasvaa 62,5 neliömetriin. Tämän myötä saadaan selville, kuinka paljon asuntojen niin kutsuttujen kalliiden rakennusosien, kuten kylpyhuoneen ja keittiön poisjääminen, sekä LVIS-töiden väheneminen vaikuttaa hankintakustannuksiin.

Huoneistojen yhdistäminen vaikuttaa myös osaltaan yhteistilojen mitoittamiseen, kuitenkin vähäisesti. Esimerkiksi väestönsuojan mitoitus ei muutu, sillä se perustuu talon kerrosneliömetreihin, kuten myös kerhotilan ja polkupyörävaraston mitoitusvaatimukset, jotka löytyvät taulukosta 3. Yhteistiloista ainoat, joiden mitoitusvaatimusten myötä voitaisiin kyseisiä tiloja asuntoja yhdistäessä pienentää, ovat lastenvaunuväestö ja ulkoiluvälinevarasto. Tapauksessa, jossa kerroskohtaisesti kaksi yksiöhuoneistoa yhdistettäisiin niiden



viereisiin kaksiohuoneistoihin, lastenvaunu- ja ulkoiluvälinevarastojen yhteiskokoa voitaisiin pienentää noin 20 m<sup>2</sup>. Yhteistilojen pienentämistä ei ole kuitenkaan tässä työssä otettu huomioon, sillä se vaatisi lisäsuunnittelua ja tilanteesta koituvat hyödyt nähtiin vähäisinä.



Kuva 20. Vertailu pohjaratkaisun muutoksen vaikutuksesta asuinneliömetrin hankintahintaan.

Edellä mainittujen kahden pohjaratkaisumuutoksen hankintahintainen kustannusvertailu konseptin perusratkaisuun nähdään kuvassa 20. Laskelmissa on otettu huomioon asuntojen yhdistämisestä aiheutuvat kustannusmuutokset, joista vaikutuksiltaan suurimpina voidaan mainita pesuhuoneen kustannukset. Asuntojen yhdistämisen myötä yksiöhuoneistojen pesuhuoneet ja keittiöt voidaan poistaa, jonka myötä esimerkiksi laatoitustyöt vähenevät noin 25 m<sup>2</sup> asuntoa kohti. Pesuhuoneiden poistamisen myötä, kaatolattiavalujen määrä pienenee, alakattojen panelointityö vähenee, pesuhuonekalusteiden kustannukset poistuvat sekä LVI-työt vähenevät. Keittiön poistamisen johdosta kustannuksia vähentävät keittiökalusteiden ja kodinkoneiden poisjääminen, sekä pienentyneet LVIS-työt. Asuntojen yhdistämisen myötä, parvekelaattojen sekä pieliementtien määrä pienenee, mutta parvekkeiden kustannuseroa tasaa yhdistettyjen asuntojen parvekkeiden kasvanut lasitusmäärä sekä pieliementtien tilalle tulleet parvekepilarit. Yhdistettyjen asuntojen välillä ollut osastoiva väliseinä voidaan poistaa ja korvata kevytrakenteisella seinällä. Kevyiden väliseinien määrä ei asuntojen yhdistämisen myötä juuri muutu, mutta talon ovien lukumäärä pienenee huoneistojen ovien ja parvekeovien määrän vähentyessä. Kustannuseroa perusratkaisun ja yhdistettyjen asuntojen pohjaratkaisujen välillä tasaa maltillisesti kasvanut lattiatasoitusmäärä, laminaattimäärä sekä maalaus- ja tasoitustyöt ja uusien makuuhuoneiden kalusteet. (H8, H9 2018).

Hankintahintaisen kustannusvertailun perusteella voidaan nähdä, että pohjaratkaisun muuttaminen niin, että jokaisen kerroksen yhden yksiöhuoneiston yhdistäminen kaksiohuoneistoon (asuntomäärä 30kpl) alentaa talon hankintahintaa 26€/asm<sup>2</sup>, joka tarkoittaa reilun 1 % hankintahinnan alenemista. Kahden yksiöhuoneiston yhdistäminen viereisiin kaksiohuoneistoihin (asuntomäärä 26kpl) taas alentaa hankintahintaa 54€/asm<sup>2</sup>, joka on noin kaksinkertaisesti verrattuna edelliseen 30 asunnon taloratkaisuun, sillä kustannukset



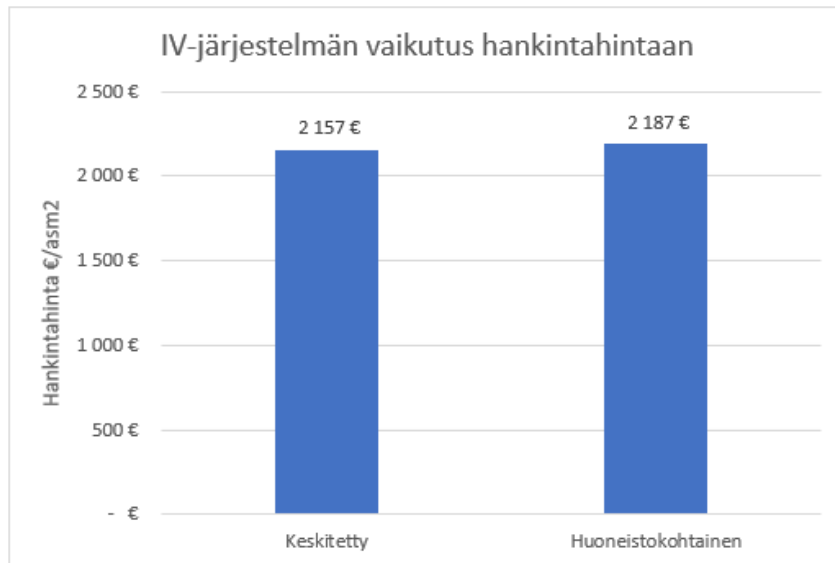
pienenevät miltei samassa suhteessa asuntomäärän pienentyessä. Talon kokonaiskustannusarvion perusteella, talon asuntomäärän alentaminen perusratkaisusta 30 kappaleeseen pienentää kustannuksia noin 42 000 €, perusratkaisun kustannusten ollessa 3 441 990€. Kustannuserot syntyvät pääasiassa pesuhuoneiden ja keittiöiden poisjäämisestä. Konseptin pohjaratkaisuja vertailtaessa on myös syytä ottaa kustannusten lisäksi huomioon asuntomarkkinoiden vallitseva kysyntä asuntokokojen suhteen. Kustannushyöty asuntojen yhdistämisellä ei ole merkittävä, kun taas toisaalta sillä saattaa olla ratkaiseva merkitys asuntojen kysyntään ja kuluttajien maksuhalukkuuteen asuntoja kohtaan. Myös erikoisten asuntojen neliömyyntihinnat oletettavasti poikkeavat toisistaan enemmän kuin tutkimuksessa esille tullut kustannusero pohjaratkaisun muutoksen takia.

### 3.3.5 Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä

Tässä luvussa vertaillaan tutkimuksen konseptikerrostalon ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmäratkaisujen kustannuksia. Ilmanvaihtojärjestelmistä vertaillaan keskitetysti katolla sijaitsevan ilmanvaihtokoneiston avulla toteutettua ratkaisua huoneistokohtaiseen ilmanvaihtoratkaisuun. Lämmitysjärjestelmistä vertaillaan vesikiertoisia lämmityspattereita hyödyntävää ratkaisua vesikiertoiseen lattialämmitysjärjestelmään. LVI-kustannusten määrittäminen perustuu pitkälti haastatteluun H9 ja kyseisen LVI-yrityksen suorittamaan konseptitalon LVI-järjestelmäkuvaukseen ja sen pohjalta laadittuihin kustannusarvioihin. Kustannusarviot perustuvat konseptitalon perusratkaisuun, jossa lämmitys toteutetaan kaukolämmön avulla, välipohjat on toteutettu onteloalattarakaisulla ja putkitukset hormielementein. Tutkimuksessa vertailtujen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien kuvaukset löytyvät liitteestä 1.

#### Ilmanvaihtojärjestelmä

Keskitetty- ja huoneistokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä eroavat toisistaan siinä, että keskitetyssä ratkaisussa talon katolle sijoitetussa IV-konehuoneessa palvelee yksi iso ilmanvaihtokone kaikkia talon asuntoja, kun taas huoneistokohtaisessa järjestelmässä jokaiseen asuntoon on sijoitettu oma ilmanvaihtokone, tyypillisesti sijainniltaan pesuhuoneeseen. Rakennustekniseltä sisällöltään keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä on suurempi, sillä ratkaisussa toteutetaan erillinen IV-konehuone talon katolle, joka on tässä vertailussa laskettu toteutettavan tilaelementtiratkaisuna. Ilmanvaihtotöiden osalta, keskitetyn ratkaisun kustannukset ovat pienemmät, sillä asuntokohtaisessa järjestelmässä asennustyö on suurempi ja esimerkiksi ulkoilmakanavat ja hormien jäteilmakanavat joudutaan eristämään. Ilmanvaihtoon liittyvien putkitöiden osalta, keskitetyssä ratkaisussa putkityöt ovat suuremmat ratkaisussa tehtävien erillisten IV-konehuoneeseen menevien lämpöjohtolinjojen vuoksi, joskin asuntokohtaisen ratkaisun ilmanvaihtokoneiden kondenssiveden viemäröinnit tasaavat kustannuseroa. Sähkötöiden osalta keskitetty ratkaisu on edullisempi, sillä asuntokohtaisessa järjestelmässä sähkötöiden määrä on suurempi. Automaatiotyöt taas osaltaan tasaavat sähkötöiden kustannuseroa, sillä huoneistokohtaisessa järjestelmässä IV-koneita ei kytketä taloautomaatiojärjestelmään. (H9, 2018.)



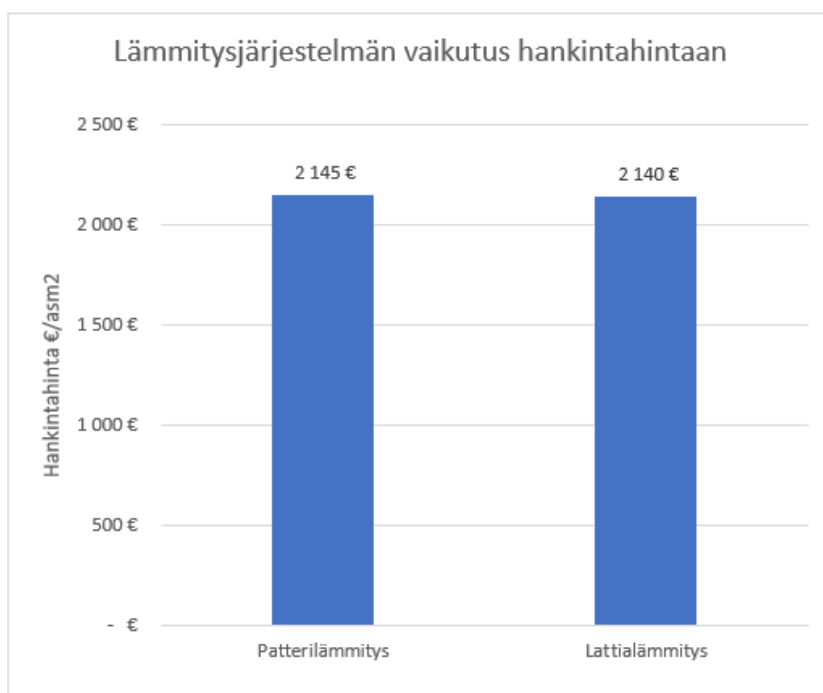
Kuva 21. Vertailu Ilmanvaihtojärjestelmien vaikutuksesta asuinneliömetrin hankintahintaan.

Ilmanvaihtojärjestelmien asuinneliömetrin hankintahintainen kustannusvertailu nähdään kuvassa 21. Hankintakustannuksiltaan, konseptitalo keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä on 2157€/asm2 eli 1,3% (30€/asm2) edullisempi kuin vastaavasti huoneistokohtaisella järjestelmällä toteutettu konseptitalo. Kustannuseron muodostaa pääasiassa ilmanvaihtotöiden pienempi määrä sekä pienemmät materiaalikustannukset ja sähkötöiden pienempi määrä keskitetyssä ratkaisussa. Kustannuseroa ratkaisujen välillä tasaa IV-konehuoneen rakentaminen sekä putkitus- ja automaatiotöiden isompi määrä keskitetyssä ratkaisussa.

Keskitetyn- ja huoneistokohtaisen järjestelmän käytännön eroista suurimpana voidaan pitää niiden huollettavuutta. Keskitetyn järjestelmän huolto voidaan suorittaa asunnoista riippumattomana IV-konehuoneessa, kun huoneistokohtaiset laitteet tarvitsevat aina pääsyn huoneistoon huoltoa varten. Keskitetyn järjestelmän valvominen ja säätäminen on myös helpompaa, koska järjestelmä on kytketty automaatiovalvontaan. Keskitetyn järjestelmän talossa on myös vähemmän huoneistokohtaisia koteloiteja, sillä huoneistokohtaisessa järjestelmässä tuloilmakanavat on eristettävä ja koteloitava. Huoneistokohtaisen järjestelmän etuna voidaan pitää, että ilmanvaihtokoneita voidaan huoneistokohtaisesti säätää, jolloin asukkaalla on mahdollisuus tehostaa ilmanvaihtoa tarvittaessa, joka keskitetyssä järjestelmässä on mahdollista vain liesikuvun ilmanvaihtoa lisäämällä. Järjestelmät eroavat myös huoltokustannuksiltaan toisistaan. Tutkimuksessa suoritettua haastattelun mukaan huoneistokohtainen järjestelmä on huoltokustannuksiltaan kalliimpi ratkaisu, jonka myös Takala (2010) toteaa järjestelmiä vertailevassa tutkimuksessaan. Ratkaisujen lopullisiin kustannuksiin vaikuttaa suuresti minkä tuotevalmistajan koneita kohteessa tullaan käyttämään, joka voi osaltaan vaikuttaa kustannuksiin ratkaisevasti. (H9 2018, Takala 2010.)

### Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmävertailun patterilämmitteinen ratkaisu perustuu huoneistossa ikkunaseinustoille sijoitettaviin vesikiertosiin lämmityspattereihin, joille luodaan oma putkiverkosto. Verkostot nousevat välipohjista läpivientikappaleiden läpi aina ylimpään kerrokseen saakka. Ratkaisussa pesuhuoneiden vaatima lattialämmitys on toteutettu vesikiertoisena. Vertailun lattialämmitteinen ratkaisu perustuu vesikiertoiseen lattialämmitysverkostoon, joka kiinnitetään eristyslevyyn. Eristyslevy ja lattialämmitysverkosto päällystetään oikaisutasoitekerroksella. Tasoitekerroksen paksuus on 10-20mm suurempi patterilämmitteiseen järjestelmään verrattaessa, joka on otettu huomioon kustannuslaskennassa. (H3, H9 2018.)



Kuva 22. Vertailu lämmitysjärjestelmien vaikutuksesta asuineliömetrin hankintahintaan.

Lämmitysjärjestelmien asuineliömetrin hankintahintainen kustannusvertailu nähdään kuvassa 22. Vertailun mukaan järjestelmien kustannusero on vähäinen, sillä lattialämmitysratkaisulla toteutettu talo on hankintahinnaltaan 2140€/asm2, kun taas patterilämmityksellä toteutettu talo on hankintahinnaltaan 2145€/asm2. Tämä tarkoittaa vain noin 0,2% eroa talojen hankintahinnoissa. Lämmitystekniseltä toteutukseltaan lattialämmitteinen ratkaisu on edullisempi, sillä patterilämmitteisessä ratkaisussa joudutaan tekemään ylimääräinen lämmitysverkosto pesuhuoneiden lattialämmitysverkoston lisäksi. Myös verkoston välipohjien läpivientien toteuttaminen lisää kustannuksia. Kustannuseroa ratkaisujen välillä tasaa suuremmat lattiatasointeet, jakotukkien koteloinnit sekä suurempi sähkötyöiden määrä lattialämmitysratkaisussa.

Patterilämmitteisen ja lattialämmitteisen järjestelmien käytännön eroja on se, että lattialämmitysratkaisu on käyttäjäystävällisempi sen säädettävyyden sekä mukavuusominaisuuksien takia. Lattialämmitysratkaisussa ei myöskään ole ikkunoiden alle sijoitettavia tilaa vieviä lämmityspattereita ja niiden vaatimaa putkitusta. Toisaalta lattialämmitysjärjestelmä on hitaampi reagoimaan suuriin lämpötilamuutoksiin ulkoilmassa. Työmaanto-

teutuksessa lattialämmitysverkoston asentamisen ajaksi rakennuksen lattia-ala tulee rauhoittaa kokonaisuudessaan putkiurakoitsijalle, kun taas patteriverkostotyöt pystytään suorittamaan runkotyön aikaisesti. Patteriratkaisulle ominaista on maalaustyötä varten toteutettava pattereiden irrottaminen ja takaisinlaitto, jolta lattialämmitysratkaisussa vältytään. Valinta konseptitalossa käytettävästä lämmitysjärjestelmästä pohjautuu ratkaisujen välisen pienen kustannuseron myötä asukkaan käyttöystävällisyyttä tukevan lattialämmitysratkaisun valintaan.

### **3.4 Yhteenveto tapaustutkimuksesta**

Työn tapaustutkimuksessa vertailtiin ennalta määrättyjen suunnitteluratkaisujen kustannus- ja toteutuseroja sekä ratkaisujen käytännöllisiä eroavaisuuksia toisiinsa. Suunnitteluratkaisujen kustannuksista muodostettiin hankintahintainen kustannusvertailu asuineliömetriä kohden, jonka avulla päästään helposti kiinni siihen, paljonko yksittäisen suunnitteluratkaisujen valinta vaikuttaa talon asuineliömetrin hankintahintaan joka heijastaa vaikutuksensa suoraan asuntojen myyntihintoihin. Tämä on tärkeä tieto Max koti-konseptitalon esisuunnitteluvaiheessa, jolloin pyritään määrittelemään konseptitalolle kustannustehokkaimmat ratkaisut, sekä yleisesti määrittämään paljonko esimerkiksi kaupunkikuvallisiin määräyksiin vastaavat julkisivu- ja parvekevaihtoehdot tulevat todellisuudessa vaikuttamaan asuntojen myyntihintoihin. Kustannusvertailut perustuvat rakennusosakokonaisuuksien ajankohtaisiin hintatietoihin, jotka on määritetty kohdeyrityksen toteutuneiden ja käynnissä olevien asuinrakennusprojektien kustannustietojen ja tarjouspyyntöjen sekä rakennusallalla toimivien ammattilaisten ammattitaidon avulla, jota hyödynnettiin haastattelujen, projektipäivien ja toimeksiantojen myötä.

Julkisivuratkaisujen osalta verrattiin eristerapattua, muurattua, muuraamalla ja ohutrappamalla toteutettavaa yhdistelmäratkaisua sekä valkobetoniella toteutettua ratkaisua, joka perustuu muihin ratkaisuihin poikkeavasti kokonaisuudessaan sandwichelementeistä. Julkisivuvaihtoehtojen avulla pyritään sopeuttamaan muutoin monistettavissa olevaa konseptitaloa eri kaupunkikuvallisiin- ja kaavallisiin määräyksiin. Ratkaisusta edullisin vaihtoehto on valkobetoneilla toteutettu julkisivu (2123€/asm<sup>2</sup>), joka kustannuksiltaan kuvastaa hyvin myös muita teräsbetonisandwich-elementein toteutettavia julkisivuja, kuten julkisivultaan hiertopintaisia, hiekkapuhallettuja, sileitä tai uritettuja ratkaisuja. Toiseksi edullisin vaihtoehto on kokonaisuudessaan eristerapattu julkisivu, joka on talon hankintakustannuksia verrattaessa 2% kalliimpi. Kokonaisuudessaan muuratun ja yhdistelmäratkaisuna toteutettavan muuratun ja ohutrapatun ratkaisujen hankintahinnat eivät ratkaisevasti eroa toisistaan, sillä yhdistelmäratkaisun parvekekohtien sandwichelementti-toteutus tasoittaa ratkaisujen kustannuseroa. Kyseiset julkisivuratkaisut ovat hankintahinnaltaan noin 4% kalliimmat, kuin edullisin julkisivuratkaisu. Julkisivuratkaisuja valittaessa, on syytä ottaa huomioon myös niiden elinkaarikustannukset, joita tarkasteltaessa voidaan sanoa julkisivumateriaaleista tiilen olevan vähiten huoltoa tarvitseva ja pidemmällä aikavälillä asukasystävällisin julkisivumateriaali.

Max koti-konseptikerrostalon parvekeratkaisuilla pyritään julkisivuratkaisujen tapaan sopeuttamaan konseptitalo kaupunkikuvallisiin vaatimuksiin. Parvekeratkaisusta työssä vertailtiin pieli-pilarelementti-, ulokeparveke-, noppaparveke- ja ripustetun parvekeratkaisun kustannuksia. Niin kutsutun noppaparvekeratkaisun kustannukset määritettiin kahden eri parveketoimittajan avulla, sillä kyseinen parveke on erikoistuote, jolle ei toisistaan löydy montaa valmistajaa. Ratkaisut eroavat rakenteelliselta toteutukselta toisistaan ja myös niiden kokoluokissa on suuri ero toisiinsa nähden, sillä ulokkeellisena to-

teutettavien parvekkeiden kokoa on pienennetty, jotta rakenteet olisivat realistisesti toteutettavissa. Pinta-alaltaan suurin, mutta kustannuksiltaan edullisin parvekevaihtoehto on pieli-pilarielementtiratkaisu, joka on hankintahinnaltaan 2122€/asm<sup>2</sup>. Toiseksi edullisin on ulokeparvekeratkaisu, joka on hankintahinnaltaan vain 0,2% kalliimpi kuin edullisin vaihtoehto ja kolmanneksi edullisin on noppaparveke toteutettuna teräsbetonielementin, joka on noin 0,7% kalliimpi edullisimpaan ratkaisuun verrattuna. Kyseiset kolme parvekevaihtoehtoa ovat siis kustannuksiltaan hyvin lähellä toisiaan, jonka aiheuttaa parvekkeiden lasitusmäärien sekä parveke-elementtien pinta-alojen ero. Konseptitalojen julkisivujen olemusta voidaan siis parvekeratkaisujen myötä kustannustehokkaasti muuttaa vastaamaan eri tarpeisiin. Vertailun kaksi kalleinta vaihtoehtoa, teräksinen Frame-kevyt-parveke sekä kuitubetonilla toteutettu noppaparveke ovat muita vaihtoehtoja selkeästi kalliimmat (noin 3-5%), niiden erikoisluonteen rakenteen ja jälkiasennettavuuden takia. Kyseiset parvekevaihtoehdot soveltuvat parvekemääriltään isompiin kohteisiin, kuin kyseinen konseptitalo.

Työssä suoritettiin välipohjaratkaisujen vertailu, jossa vertailtiin kahta välipohjarakennetta; konseptitalon perusratkaisun ontelolaattavälipohjaa sekä paikallavalettua massiivilaattaa. Käytännön toteutuksen kannalta, ontelolaattarakaisu hyödyntää rakenteiden esivalmistusta, kun taas paikallavalurakenne nimensä mukaisesti on kokonaisuudessaan työmaalla toteutettava rakenne. Tämän myötä paikallavalettu rakenne on työsisällöltään laajempi ja häiriöherkempi toteuttaa. Hankintahinnaltaan ontelolaattarakaisu on 2227€/asm<sup>2</sup>, joka on 3% edullisempi kuin välipohjat toteutettuna paikallavalettuna. Kustannusero muodostuu työmäärien eroista, sekä paikallavaletun rakenteen suuremmista työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksista rungon toteutuksen kestäessä 3 päivää kerrosta kohden enemmän. Tämän myötä ontelolaattarakaisun voidaan sanoa olevan kustannustehokkaampi ja häiriöystävällisempi ratkaisu. Ratkaisuja vertailtaessa on myös otettava huomioon talven aiheuttaman lisäkustannukset rakennuksen tuotantoon, jotka paikallavaletussa ratkaisussa ovat suuremmat.

Kerros määrää kasvattamalla, vastataan suurempiin aluetehokkuusvaatimuksiin ja saavutetaan kustannushyötyjä, sillä asuintilaa pystytään lisäämään rakennusajan maltillisella pidentämisellä, samoja resursseja käyttämällä. On myös huomattavaa, että usean työvaiheiden sisältö ei kerros määrää kasvattaessa radikaalisti muutu. Työssä tutkittiin, paljonko hankintahintainen kustannus konseptitalossa muuttuu, kun se 5-kerroksisen ratkaisun sijaan toteutetaan 8-kerroksisena, jolloin myytävien asuintilojen määrä kasvaa noin 40%. Kyseinen kerros määrän kasvattamisen myötä talon rakenteelliset muutokset ovat vähäisiä ja paloluokitus ei muutu. Vertailussa selvisi, että konseptitalon toteuttaminen 5-kerroksisena on asuinneliömetriseltä hankintahinnaltaan 7,7% kalliimpaa (2224€/asm<sup>2</sup>) kuin saman talon toteuttaminen 8-kerroksisena. Kerros määrän kasvattaminen tuo täten suuren kustannusedun, joka on seurausta esimerkiksi siitä, että kolmen lisäkerroksen toteuttaminen vaikuttaa koko talon rakentamiseen ajallisesti vain noin 10 viikolla. Konseptitalon toteuttamisessa suuremmalla kerros määrällä on kuitenkin syytä ottaa huomioon, että kokonaissijoituksena, 8-kerroksinen konseptitalo on kustannusarvion mukaan 5 520 000€, joka on noin 1 910 000€ suurempi, kuin talon toteuttaminen 5-kerroksisena.

Kerros määrän muutoksen lisäksi, työssä verrattiin pohjaratkaisun muutoksen kustannuseroa konseptitalon perusratkaisuun. Konseptin perusratkaisua verrattiin pohjaratkaisuun, jossa jokaisesta kerroksesta on poistettu yksi asunto sekä ratkaisua, jossa on kerroskohtaisesti poistettu kaksi asuntoa yhdistämällä asunnot viereisiin asuntoihin. Tämän myötä pyrittiin selvittämään, paljonko asuntojen niin kutsuttujen kalliiden rakennusosien, kuten kylpyhuoneen ja keittiön poisjääminen sekä sen myötä pienentyneet LVIS-kustannukset

vaikuttavat asuinneliömetrin hankintahintaan, kun samalla asuntojen keskipinta-ala kasvaa. Vertailun lukujen perusteella kerroskohtaisesti yhden asunnon yhdistäminen viereiseen asuntoon pienentää talon hankintahintaa 1,2% (26€/asm<sup>2</sup>). Kerroskohtaisesti kahden asunnon yhdistäminen viereisiin asuntoihin vastaavasti alentaa kustannuksia noin 2,5 % (54€/asm<sup>2</sup>). Kustannushyöty muutamien kalliiden rakennusosien poisjäämisestä asuntoja yhdistäessä ei ole hankekokonaisuuteen verrattaessa merkittävä, jonka myötä konseptitalon pohjaratkaisuja vertailtaessa on syytä ottaa huomioon vallitseva kysyntä asuntokokoja kohtaan. Tarjolla olevien asuntojen koolla saattaa olla ratkaiseva merkitys asuntojen myytävyyteen.

Työssä vertailtiin keskitettyä ja huoneistokohtaista ilmastointijärjestelmää toisiinsa. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että keskitetysti toteutettu ilmanvaihto on kustannustehokkaampi kuin vastaava huoneistokohtaisesti toteutettu järjestelmä. Keskitetyllä järjestelmällä toteutettu konseptitalo on 1,4% edullisempi hankintakustannuksiltaan, kuin huoneistokohtaisella järjestelmällä toteutettu talo. Keskitettyä järjestelmän valintaa konseptitalossa käytettäväksi ratkaisuksi puoltaa myös sen huoltamisen ja säätämisen helppous.

Työssä vertailtujen lämmitysjärjestelmien kustannuserot ovat tutkimuksen mukaan pienet. Lattialämmityksellä toteutettava konseptitalo on hankintakustannuksiltaan vain noin 0,2% edullisempi, kuin patterilämmityksellä toteutettava konseptitalo. Tämän myötä lämmitysjärjestelmän valinnassa ratkaisevaksi asiaksi muodostuu niiden käytännön erot, jotka puoltavat käyttäjäystävällisyydellään lattialämmitysratkaisun valintaa konseptitalossa käytettäväksi lämmitysjärjestelmäksi. Mikäli patterilämmitteisessä verkostossa pesuhuoneiden lattialämmitys toteutettaisiin vesikiertoisen järjestelmän sijaan sähkölämmityksellä, saataisiin kyseisen ratkaisun kustannuksia alennettua, muttei niin merkittävästi, että sillä olisi merkitystä konseptitaloon valittavan lämmitysjärjestelmän kannalta.

Taulukossa 6 on esitetty kokonaisvertailu tapaustutkimuksen suunnitteluratkaisuihin. On huomioitavaa, että tutkimuksessa vertailut suunnitteluratkaisut ovat vertailukelpoisia vain rakennusosakohtaisesti keskenään. Toisin sanoen, esimerkiksi julkisivuvertailun luvut eivät ole muiden työssä vertailtujen kokonaisuuksien kanssa vertailukelpoisia, sillä kustannusarviot perustuvat kyseisen vertailun rakennusosakokonaisuuksien osalta tarkennettuihin laskelmiin ja muiden kustannuksien osalta kohdeyrityksen laskentaosaston kustannusarvioon. Tämän myötä esimerkiksi ”kerrosmäärän muutos”-vertailun 5-kerroksisen ratkaisu on kustannuksiltaan erisuuruinen kuin ”pohjaratkaisun muutos”-vertailun perusratkaisu, vaikka molemmissa on teoriassa samat rakenteet. Kustannustehokkain konseptitalo toteutetaan kahdeksan kerroksisena, valkobetonielementtijulkisivuilla, johon liittyvät pieli-pilari-toteutuksella tehtävät parvekkeet. Talon välipohjat on toteutettu ontelolaatoin ja se perustuu pohjaratkaisuun, jossa on asuinkerrosta kohden 6kpl asuntoja. Talon ilmanvaihtojärjestelmä on toteutettu keskitetysti IV-konehuoneeseen ja talon lämmitykseen käytetään vesikiertoista lattialämmitystä.

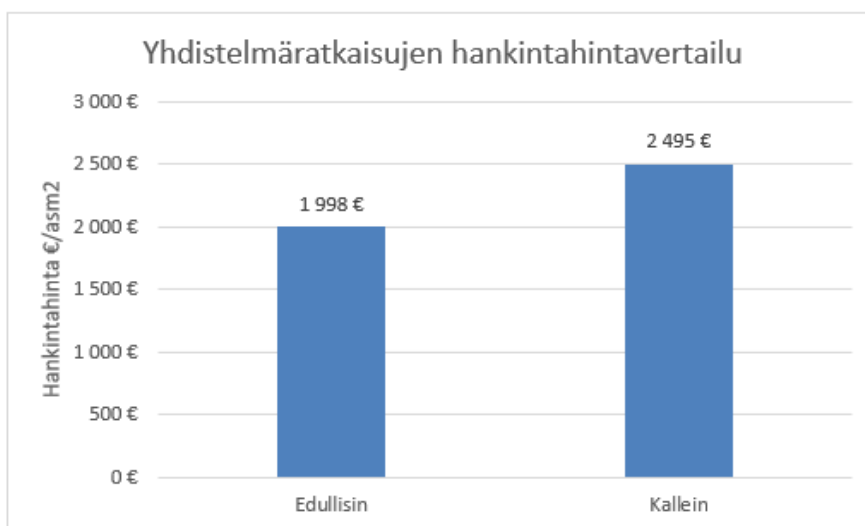
Kustannustehokkain konseptitalo olisi asuinneliömetriseltä hankintahinnaltaan 1998€. Verrattaessa kustannustehokkaimmin toteutettua ratkaisua yhdistelmäratkaisuun, jossa vertailuista suunnitteluratkaisuihin valittaisiin kalleimmat vaihtoehdot, olisi hankintahintainen kustannusero näiden välillä 19,9%, kun kalleimman yhdistelmäratkaisun hankintahinta on 2495€. Kyseisessä vertailussa on otettu huomioon kaikki muut suunnitteluratkaisuvaihtoehdot, paitsi parvekevaihtoehdoista kuitubetonilla toteutetun parvekkeen sekä Frame-parvekkeen käyttäminen. Kyseisten ratkaisujen käyttäminen konseptitalossa ei ole järkevää otettaessa huomioon ratkaisujen yleinen soveltuvuus konseptiin, jonka myötä vaihtoehtojen suuri kustannusero muihin parvekeratkaisuihin vääristäisi vertailutulosta.

Taulukko 6. Tapaustutkimuksessa vertailtujen suunnitteluratkaisujen kokonaisvertailu-  
taulukko, jossa esitetty asuineliömetrin hankintahinnat ja keltaisella kunkin vertailun  
edullisin vaihtoehto. Taulukossa esitetty myös ratkaisujen prosentuaaliset erot edullisim-  
paan vaihtoehtoon sekä edullisimman ja kalleimman yhdistelmäratkaisun kustannukset.  
Taulukon lukuja vertailtaessa on huomioitava, että kunkin vertailukokonaisuuden luvut  
ovat vertailukelpoiset vain keskenään.

Kokonaisvertailu		
	€/asm2	%-ero edullisimpaan
Julkisivut		
Eristerapattu	2163€	1,8%
Muurattu	2219€	4,3%
Muurattu ja ohutrapattu	2206€	3,7%
Valkobetoni	2123€	-
Parvekkeet		
Pieli-pilari	2122€	-
Uloke	2126€	0,2%
Noppaparveke teräsbetoni	2137€	0,7%
Noppaparveke kuitubetoni	2226€	4,7%
Frame	2183€	2,7%
Välipohjat		
Ontelolaatta	2227€	-
Paikallavalu	2297€	3,1%
Kerrosmäärän muutos		
5.krs	2224€	7,7%
8.krs	2053€	-
Pohjaratkaisun muutos		
Perusratkaisu (kpa 46,4m2)	2119€	2,5%
1as./krs vähennetty (kpa. 54,1m2)	2093€	1,3%
2as./krs vähennetty (kpa. 65,2m2)	2065€	-
IV-järjestelmä		
Keskitetty	2157€	-
Hajautettu	2187€	1,4%
Lämmitysjärjestelmä		
Patterilämmitys	2145€	0,2%
Lattialämmitys	2140€	-
Yhdistelmäratkaisut		
Edullisimman yhdistelmä- ratkaisun hankintahinta	1998€	
Kalleimman yhdistelmäratkaisun hankintahinta	2495€	
Kalleimman ja edullisimman ratkaisun %-ero	19,9%	

Kaiken kaikkiaan tapaustutkimuksessa löydettiin konseptitalon toteutuksen kannalta merkittäviä kustannuseroja useiden vertailtujen suunnitteluratkaisujen kesken, jonka myötä kyseisen konseptin lopullisiin kustannuksiin voidaan tehokkaasti vaikuttaa eri suunnitteluratkaisujen valinnalla ja tutkimuksessa esille tulleen tiedon avulla pystytään luomaan mahdollisimman kustannustehokas lopputuote. Tutkimuksessa luotujen 5- ja 8-kerroksisen konseptitalon toteutuksen yleisaikatauluja voidaan hyödyntää konseptin tulevaisuuden toteutuksen suunnittelussa ja itse toteutusvaiheessa.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että vertailluista suunnitteluratkaisuista parvekkeissa, pohjaratkaisun muutoksessa sekä lämmitysjärjestelmien välillä ei ole ratkaisujen välillä suuria kustannuseroja. Parvekkeiden kohdalla tämä voidaan todeta siksi, että kolmen eri parvekevaihtoehdon kustannuserot pysyvät alle prosentin sisällä keskenään. Taas pohjaratkaisun muutoksessa tämä voidaan todeta siksi, että ratkaisujen välinen ero ei ole ratkaisevan suuri siihen verrattuna, miten suuri vaikutus pohjaratkaisuilla voi olla kuluttajien kiinnostukseen. Yksiöiden poistamisella voidaan luoda merkittävä vaikutus potentiaalisten ostajien kiinnostukseen asuntoja kohtaan, joka täytyy ottaa rakennuspaikkakohtaisesti huomioon. Myös lämmitysjärjestelmien kustannusvaikutus konseptitalon hankintahintaan on olematon. Muiden suunnitteluratkaisujen välillä on havaittavissa konseptitalon kokonaiskustannuksiin merkittävästi vaikuttavia kustannuseroja. Suurin vaikutus konseptitalon kustannuksiin syntyy talon kerrosmäärää kasvattamalla, sillä 8-kerroksinen talo tulee asuineliömetriseltä hankintakustannukseltaan 7,7% edullisemmaksi, kuin perusratkaisun 5-kerroksinen talo. On huomioitava, että kerrosmäärän suuruus on rakennuspaikkakohtainen, mutta tutkimuksen tietojen perusteella voidaan sanoa, että mitä enemmän kerroksia 5-kerroksiseen taloon lisätään, sen kustannustehokkaammaksi asuntojen toteuttaminen tulee ainakin 8-kerroksiseen taloon saakka, jolloin talon rakenteet ja paloluokitus pysyvät samoina. Taulukossa 6 esitetyt kalleimman ja edullisimman yhdistelmäratkaisun tulokset on koottu kuvassa 23 nähtävään yhdistelmäpylväskaavioon. Huomattavaa on, että edullisimmilla suunnitteluratkaisuilla toteutettu konseptitalo on noin 500€/asm<sup>2</sup> edullisempi, kuin kalleimmilla ratkaisuilla toteutettu.



Kuva 23. Edullisimmilla ja kalleimmilla suunnitteluratkaisuilla toteutetun konseptitalon asuineliömetrin hankintahintainen vertailu.



## 4 Pohdinta ja johtopäätökset

Tutkimuksessa selvitettiin, mitkä tekijät vaikuttavat asuinkerrostalon kustannustehokkuuteen, sekä mistä rakentamisen kustannukset syntyvät. Tutkimuksessa luotiin myös katsaus nykyisin monen rakennusalan yrityksen hyödyntämään konseptirakentamiseen sekä rakentamisen tuotannon tehostustoimiin, kuten teollisiin rakennusprosesseihin, modulaariseen rakentamiseen sekä Lean-rakentamiseen, joita konseptirakentamisen tuotannossa voidaan tehokkaasti hyödyntää. Tutkimuksen teoriaosuudella tuettiin tutkimuksen käytännön osuutta, joka perustui tapaustutkimukseen kohdeyrityksen konseptitalon suunnitteluratkaisuista. Tässä luvussa pohditaan tutkimuksen tuloksia ja esitetään johtopäätökset, vertaillaan saatuja tuloksia aikaisempiin olemassa oleviin tutkimuksiin, luodaan tutkimuksen luotettavuuden tarkastelu sekä esitetään toimenpide-ehdotukset kohdeyrityksen konseptitalon kehittämistä koskien.

Asuinrakennushankkeiden kustannuksiin voidaan vaikuttaa etenkin hankkeen suunnitteluvaiheessa, jossa lyödään lukkoon useita keskeisiä asioita, joista suurimpina vaikuttavat hankkeen laajuus ja siinä vallitsevat ominaisuudet. Kun suunnitelmat on laadittu, voidaan hankkeen toteuttamismuodon ja tuotantoteknisin keinoin vaikuttaa rakentamisesta syntyviin kustannuksiin. Tärkeää on varmistaa hankkeen suunnitelmien ja aikataulun mukainen toteutus. Lean-rakentamisen keinot, joilla pyritään vähentämään tuotannossa syntyvää hukkaa, ovat jatkuvasti hyödynnettyinä tehokkaita tuotannon tehostustoimia, joiden hyödyntämiseen on rakennusosalalla alettu yhä enemmän kiinnittämään huomiota. Lean-ideologian keskipisteessä on ajatusmalli jatkuvasta parantamisesta. Yksinkertaisuudessaan se koostuu työn jatkuvan virtaamisen varmistamisesta, yhteissuunnittelemisesta, laadunvarmistuksesta sekä ohjauksesta. Jatkuvan parantamisen ajatusmallin ajatuksena on, että näitä tuttuja toimia käytetään jatkuvaluontoisesti jokapäiväisessä työmaatoiminnassa, ja varmistetaan mahdollisen hukan poistaminen rakennusten tuotannosta.

Konseptirakentamisella pyritään vastaamaan asumisen yksilöllisiin tarpeisiin, luomaan kustannustehokkaasti toteutettuja asuinrakennuksia, sekä korostamaan asukaslähtöisyyttä. Konseptirakentaminen on Suomessa nostanut suosiotaan useiden rakennusliikkeen keskuudessa, joskin enemmän pientalorakentamisen puolella kuin kerrostalorakentamisessa. Kerrostalokonsepteille on kuitenkin nähtävissä kysyntää, sillä kasvaneiden rakentamiskustannusten myötä, kuluttajien kiinnostus edullisiin ja toimiviin asumisratkaisuihin on kasvanut. Uudet tuotantomenetelmät, ratkaisut asunnoissa sekä massaräätälöidyt vaihtoehdot tarjoavat myös kysyttyä vaihtelevuutta asuntomarkkinoille, jolloin asukkaat pystyvät omilla valinnoillaan vaikuttamaan asuntojensa ominaisuuksiin. Yksi konseptirakentamisen lähtökohdista onkin luoda lisäarvoa kuluttajille monipuolistamalla tarjontaa. Konseptirakentamisessa on myös syytä ottaa huomioon rakennusten yksilöllistäminen esimerkiksi eri keinoin julkisivuja toteutettaessa.

Teollisten rakennusprosessien ja modulaarisen rakentamisen hyödyntäminen asuinrakennuskonsepteissa on vaihtelevaa, mutta konsepteja asuinrakennustuotannossaan hyödyntävät yritykset ovat alkaneet yhä enemmän määrin hyödyntämään näitä tuotannon tehostamisen ja laadun parantamisen keinoja. Modulaarisen rakentamisen tarjoamista eduista on olemassa hyviä esimerkkejä useiden vuosikymmenien takaa Yhdysvalloissa, jossa on modulaarisen rakentamisen menetelmin toteutettu yli 25-kerroksisia rakennuksia ja saavutettu useita hyötyjä paikalla toteutettavaan rakentamiseen verrattaessa. Suomessa useat kerrostalokonseptit hyödyntävät osamoduulista rakentamista esimerkiksi yhdistämällä asunnon pesuhuone ja keittiö yhtenäiseksi tilamoduuliksi. Laajemman modulaarisen rakentamisen ja siten teollisten rakennusprosessien käyttämiselle on kuitenkin tilaa

markkinoilla. Suomessa asuinkerrostalojen rakentamisessa ei ole ollut nähtävissä vuosikymmenten kuluessa edistyksellisiä kehitysaskeleita, joita ala on jo pitkään kaivannut.

Konseptirakentaminen, teolliset rakennusprosessit ja Lean-rakentaminen luovat perustaa uusien innovaatioiden syntymiselle rakennusosalalla, jonka voidaan sanoa kärsineen vanhoillisen ajattelutavan myötä syntyneestä negatiivisista reaktioista uusia toimintatapoja kohtaan. Myös käynnissä oleva rakennusalan digitalisaatio luo pohjaa uusille innovaatioille ja auttaa alaa kehittymään muiden mainittujen keinojen rinnalla. Uudet innovaatiot, toimintatavat sekä muut alaa kehittävät toimet tukevat toinen toisiaan, ja kokonaisuudessaan niiden avulla voidaan luoda uudistunut, käyttäjälähtöinen rakennusala. Toivottavaa olisi, että edelläkävijöiden lisäksi uusien innovaatioiden löytämiseen osallistuisivat myös muut alalla toimijat, jotta alan kehittymiselle luodaan laajat edellytykset.

Tapaustutkimuksen perusteella selvitettiin kohdeyrityksen suunnitteilla olevan konseptikerrostalon eri suunnitteluratkaisujen kustannus- ja toteutuseroja. Tutkimuksen perusteella löydettiin etukäteen määritellyistä suunnitteluratkaisuista kustannustehokkaimmat vaihtoehdot, jotka tukevat konseptitalon tulevaisuuden kustannustehokasta toteutusta. Konseptitalon toteutuksen noudattaessa tavanomaista rakennustapaa, jossa rakennusosat sisältävät esivalmistuksen lisäksi kuitenkin laajasti paikallarakentamista, on konseptin jatkokehityksessä syytä ottaa huomioon osamoduulien mahdollinen hyödyntäminen. Sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi pesuhuonemoduulien tai erillis-wc moduulien avulla.

Tutkimuksen perusteella saatiin myös tietoa siitä, paljonko esimerkiksi kaupunkikuvaan mukautuminen eri julkisivu- ja parvekeratkaisujen avulla tulee vaikuttamaan kustannuksiin. Vaikka kohdeyrityksen konseptitalo on tällä hetkellä varsin tavanomaisella rakennustavalla toteutettava asuinkerrostalo, on sen rakentamisessa saavutettavissa kustannustehokkuutta verrattaessa muihin asuinrakennuksiin. Kustannustehokkuus saavutetaan kustannustehokkaiden rakenneratkaisujen lisäksi vakioitujen ja tehokkaasti suunniteltujen talojen avulla, joita pyritään toteuttamaan yksi toisensa jälkeen. Tällöin konseptihankkeiden suurien raamien pysyessä samana, on konseptitalo helpompi myydä, hankkeiden toteutuksessa syntyy oppimista ja näiden yhteisvaikutuksesta kustannukset alenevat. Konseptitalojen toteutuksessa on myös kiinnitettävä erityishuomioita rakentamisen aikana syntyvään hukkaan, jotta seuraavissa projekteissa se pystytään minimoimaan.

Tulevaisuudessa kohdeyrityksen ensimmäisen konseptikerrostalon toteutuksessa on järkevää hyödyntää tutkimuksen kustannustietoja sekä ottaa Lean-rakentamisen ideologia täysimittaisesti käyttöön, jolla vaalitaan jatkuvan oppimisen ajatusta. Konseptirakentamisessa jatkuvan oppimisen hyödyntäminen valmistuneiden ja suunnitteilla olevien talojen toteutuksessa on tärkeä asia, johon on kiinnitettävä erityishuomiota. Oppimiseen eri konseptitalojen toteutusten välillä on syytä luoda tiedon siirtymiseen työkalut ja velvoittaa työmaahenkilöstö työvaihekohtaisten muistiodien tekoon. Työvaihekohtaisesti huomioitavat seikat tulisi kirjata ylös ja koota niistä yhteenveto seuraavien konseptitalojen toteutusta varten. Konseptitaloa varten voitaisiin myös luoda kohdekohtainen palautekanava informaation keräystä varten. Jokaisen hankkeen jälkeen olisi myös syytä pitää loppupalaveri, jossa tärkeimmät ehdotukset tulevia hankkeita varten esitetään ja kirjataan ylös. Tärkeää olisi, että konseptitaloja voitaisiin toteuttaa jatkuvalla virralla ja varmistaa hankkeista oppiminen sekä tiedon siirtyminen hankkeiden välillä. Perättäisten toteutuksien avulla saadaan myös hankkeiden hankintoihin suuri etu ja voidaan mahdollistaa työmaahenkilöstön siirtyminen edellisestä hankkeesta seuraavaan, jolloin opitun tiedon siirtymi-

nen tapahtuu vaivattomammin. Mikäli konseptihankkeita on useita tekeillä samanaikaisesti, on tärkeää, että informaatiovirta hankkeiden välillä pysyy hyvänä, sillä sen myötä tiedon jakamisen tärkeys korostuu.

#### **4.1 Tulokset suhteessa aikaisempiin tutkimuksiin**

Tämän tutkimuksen teoriaosuudessa luotiin katsaus asuinrakennusten kustannustehokkuutta parantaviin seikkoihin sekä tuotannon tehostustoimiin, joista teollisten rakennusprosessien ja Lean-rakentamisen lisäksi konseptirakentamista käsiteltiin laajemmin. Kyseisistä tuotannon tehostustoimien hyödyistä on olemassa useita tutkimuksia, joista muutamiiin tässä luvussa paneudutaan. Tutkimuksen empiirisen osuuden tuloksia verrataan aikaisemmin suoritettuihin tutkimuksiin, jotka ovat käsitelleet samojen suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutuksia, kuin tämän työn tapaustutkimuksessa.

Teollisten rakennusprosessien hyödyntämisellä rakentamisessa on havaittu olevan suuria vaikutuksia rakentamisen kustannuksiin. Lawson ym. (2012) suorittivat tutkimuksen, joka perustui kolmeen tapaustutkimukseen teollisia rakennusprosesseja pitkälle hyödyntävissä, modulaariseen rakentamiseen perustuvissa rakennuksissa. Tutkimukseen perustuvassa artikkelissa todettiin, että modulaarisuuteen perustuvalla rakennejärjestelmällä, saavutettiin keskimäärin noin 80% työn tuottavuuden kasvu tavanomaiseen, paikallarakennettavaan toteutukseen verrattaessa. Kustannustehokkuutta konseptirakentamisessa voidaan siis tehokkaasti tukea käyttämällä teollisten rakennusprosessien tuomaa tuotantoa, jolloin pienennetään työmaalla tapahtuvaa rakentamista ja rakentamiseen käytettävää aikaa.

Lean-rakentamisen avulla voidaan tehostaa rakentamisen tuotantoa, sillä siinä käytettyjen työkalujen tavoitteena on minimoida rakentamisessa syntyvän hukan määrää ja tukea rakennustyömaiden jokapäiväistä työtä. Tämän toteavat myös Alarcon ym. (2008) tutkimuksessaan, jossa määriteltiin Lean-rakentamisen vaikutuksia yli 70 rakennusprojektissa. Tutkimuksessa todettiin, että Lean-rakentamisen työkalut lisäävät suunnitelmien luotettavuutta, lyhentävät rakentamisaikaa, vähentävät työn virtauksen vaihtelevuutta ja paransivat projektien tuottavuutta 7-48%. Lean-rakentamisen työkalujen hyödyntäminen on täten perusteltua myös konseptirakentamisessa, jossa toimivat menetelmät voidaan helposti siirtää hankkeista seuraaviin.

Konseptirakentamisen avulla saavutetaan kustannushyötyjä tuotteistamisen, prosessien standardoimisen ja monistettavuuden myötä. Raistakka (2017) toteaa diplomityössään, että konseptirakentamisessa voidaan saavuttaa kustannushyötyjä, vaikka suunnitteluratkaisut eivät olisi edullisimpia. Raistakan mukaan kustannustehokkuus saavutetaan konseptirakentamisessa prosessiin osallistuvien tahojen toimivalla yhteistyöllä, oppimisella ja toistettavuudella, joka osaltaan tukee tämän tutkimuksen havaintoja. Raistakka nostaa esiin myös prosessin standardoimisen konseptirakentamisessa. Sen myötä hankkeita voidaan kehittää, seurata ja saada aikaan kustannussäästöjä konseptin sisällä. Konseptirakentamisen prosessin standardoimisella ja konseptin tuotteistamisella on saavutettavissa hyötyjä rakentamisen tehokkuuteen, kuten Munstermann ja Weitzel (2008) toteavat tutkimuksessaan. Heidän tutkimuksen mukaan prosessin standardisointi ja tuotteistaminen nopeuttavat prosessien suorittamista, pienentävät tuotannon kustannuksia, vähentävät virheitä ja lisäävät asiakastytyväisyyttä. Tämä tukee tehdyn tutkimuksen myötä selvitettyä konseptirakentamisen merkitystä asuinrakentamisessa saavutettavalle kustannustehokkuudelle.

Konseptirakentamisen hyödyt ovat laajasti rinnastettavissa aluerakentamisella saavutettaviin hyötyihin, joka selviää Heikkilän (2016) tekemän diplomityön tuloksia verrattaessa tämän tutkimuksen tuloksiin. Heikkilän mukaan, aluerakennuksen tehokkuuden muodostavat kaksi pääsuuntaa, jotka tukevat myös konseptirakentamisen kustannustehokkuutta: suunnitteluratkaisujen toistettavuus ja tuotantoprosessista oppiminen. Heikkilä myös painottaa aluerakentamisessa rakennusosien ja toimintatapojen tuotteistamista. Siinä suunnitteluratkaisut ovat pääosin aluekohtaisesti samankaltaisia, kun useita rakennuksia toteutetaan samanaikaisesti samalle alueelle. Tämän myötä, konseptirakentamisella olisi suuri potentiaali myös aluerakentamisessa. Heikkilä toteaa työssään, että aikataululliset hyödyt ja työnteon tehostuminen on mahdollista aluerakentamisessa talojen rakentamisessa opitun ja hyödynnetyn tiedon avulla, joka on myös tyypillistä konseptirakentamisessa.

Tämän työn käytännön tutkimuksen avulla saatujen tietojen perusteella voidaan sanoa, että kohdeyrityksen konseptitalon kustannuksiin voidaan tehokkaasti vaikuttaa eri suunnitteluratkaisujen keinoin. Laitila (2016) tutki diplomityössään kohtuuhintaisen asuntotuotannon kustannusohjausta suunnittelun ohjauksessa. Laitila toteaa työssään, että yksittäisen suunnitteluratkaisun vaikutus asunnon myyntihintaan on suhteellisen pieni, mutta suunnitteluratkaisujen tekijöiden yhteisvaikutus merkittävän suuri. Tämän myötä suunnittelunohjauksella voidaan vaikuttaa merkittävästi asuntojen kohtuuhintaisuuteen. Tämä tukee tämän työn käytännön tutkimuksen tulosta, jossa todettiin, että esimerkiksi kalleimpien ja edullisimpien suunnitteluratkaisujen välille syntyi 19,9% kustannusero asuinliömetrin hankintakustannuksissa, kun usean ratkaisun kustannusvaikutukset otettiin huomioon. Kerrosmäärä muutosta lukuun ottamatta, yksittäisten suunnitteluratkaisujen hankintahintaiset kustannuserot olivat tutkimuksessa kuitenkin vain muutaman prosentin luokkaa.

Työn empiirisen tutkimuksen tuloksia verrataan seuraavaksi aikaisemmin toteutettuihin tutkimuksiin. Työssä tutkittuja suunnitteluratkaisuja olivat julkisivu- ja parvekeratkaisut, välipohjat, talon kerrosmäärän- ja pohjaratkaisun muutos sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän muutokset.

Pitkäsen (2009) suorittamassa tutkimuksessa on vertailtu julkisivumateriaalien kustannuseroja. Pitkäsen tutkimuksessa tutkittiin kymmentä eri julkisivuratkaisua, joista kolme vastaa täsmällisesti tässä tutkimuksessa vertailtua ratkaisua. Neljäs tässä tutkimuksessa vertailtu ratkaisu, on yhdistelmäratkaisu, josta ei Pitkäsen tutkimuksessa löydy suoraa verrokkia. Tämän tutkimuksen julkisivuratkaisujen kustannukset ovat linjassa ja samassa suhteessa toisiinsa kuin Pitkäsen tutkimuksessa. On kuitenkin huomioitava, että tutkimus on suoritettu vuonna 2009. Kustannukset ovat tämän jälkeen varmasti eläneet, mutta suhteelliset kustannukset pysyneet suurimmalta osin samoina. Myös se, että Pitkäsen tutkimuksen vertailutalo on 3-lamellinen pistetalo sijaan vaikuttaa osaltaan kustannuksiin. Valkobetoninen ratkaisu on vaihtoehtoista edullisempaa. Seuraavaksi edullisin on kaksikerrosrappattu ja kallein kokonaan tiiliverhoiltu ratkaisu. Pitkäsen tutkimuksen perusteella voidaan todeta valkobetoniratkaisun edustavan betonisandwich elementtien keskiarvoa, sillä muut sandwich rakenteet eri pintaratkaisuineen ovat  $\pm 20\text{€}/\text{asm}^2$  hinnanerolla valkobetoniratkaisuun nähden. Tutkimuksen yhdistelmäratkaisun kustannusten voidaan myös sanoa olevan Pitkäsen tutkimuksen mukaiset, sillä ratkaisussa on yhdistetty sandwichelementtejä sekä paikallamuurausta, jotka määrien suhteuttaessa sijoittuvat Pitkäsen tutkimuksessa kolmanneksi edukkaimmaksi vaihtoehdoksi, kuten myös tässä tutkimuksessa.

Parvekeratkaisujen vertailusta ei löydy suoraa verrokkia tämän tutkimuksen tulosten vertailuun. Kuitenkin Rakli:n (2015) tekemän selvityksen ”Kaavamääräysten kustannusvaikutukset” mukaan ulokkeelliset parvekerakenteet ovat hankintakustannuksiltaan noin 10-20% kalliimmat, kuin omille perustuksille kannatetut parvekkeet, kuten pieli-pilari-parvekkeet. Tämän tutkimuksen parvekeratkaisuja verrattaessa, samankokoisilla parvekkeilla toteutettuna ulokeparvekkeellinen ratkaisu ilman lasituskustannuksia on noin 30% kalliimpi, kuin vastaava pieli-pilari-ratkaisu. Kustannuseron Rakli:n tutkimukseen nähden selittää konseptitalon suuri pieliementtimäärä, joka taas osaltaan pienentää lasituskustannuksia, mitä ei Rakli:n tutkimuksessa ole otettu huomioon. Lasituskustannukset on kuitenkin syytä ottaa kohdekohtaisesti parvekevertailussa huomioon, sillä esimerkiksi konseptitalon ulokeparvekkeiden kustannuksista, noin puolet tulevat lasituksen kustannuksista ja ulokkeellisen ratkaisun sekä pieli-pilariratkaisun lasitusmäärät eroavat toisistaan merkittävästi. Tämän tutkimuksen muut parvekevaihtoehdot, noppaparvekkeet- ja frame-parvekkeet ovat erikoisrakenteita, joille ei löytynyt verrokkia tehdyistä tutkimuksista.

Kustannusvertailuja, jotka koskevat välipohjan toteuttamista ontelolaatoin tai massiivilaattana löytyy useita eri opinnäytetöitä. Esimerkiksi Hietämäki (2014) ja Aalto (2015) vertailevat opinnäytteissään ontelolaatoilla ja massiivilaatalla toteutettavaa välipohjarakennetta asuinkerrostaloissa. Tämän tutkimuksen lopputuloksena on, että paikallavalettu välipohjarakenne on noin 26% kalliimpi, kuin vastaavasti ontelolaatoilla toteutettu välipohja. Hietämäki toteaa esimerkkikohteeseen Ratu-korttiin perustuvan laskelmansa perusteella välipohjarakenteen kustannuseron olevan 23% ontelolaattaratkaisun eduksi, kun taas Aalto toteaa työssään esimerkkikohteeseen ja kohdeyrityksen jälkilaskentatietoihin perustuvan laskelman perusteella kustannuseron olevan 15% ontelolaattaratkaisun eduksi. Tutkimusten kustannuseroissa on suurta prosentuaalista vaihtelua, mikä johtuu käytetyistä laskentatavoista, sekä kohdekohtaisista piirteistä. Niin Hietämäen kuin Aallon töissä on huomattavaa, että paikallavaluvälipohjan laskettiin kestävän ajallisesti vain yhden päivän pidempään kuin ontelolaattaratkaisussa, joka on tähän tutkimukseen verrattaessa erittäin optimistinen päätelmä, jolla on esimerkiksi 5-kerroksisen talon toteutuksessa suuri vaikutus kustannuksiin. Työn kestoihin vaikuttaa kuitenkin käytettyjen resurssien määrä, joka voi tutkimuskohtaisesti erota toisistaan.

Rakennuksen kerrosmäärän vaikutuksia syntyviin kustannuksiin on tutkittu Pitkäsen (2009) tekemässä tutkimuksessa sekä Rakli:n (2015) suorittamassa tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa viisikerroksisen talon muuttaminen kahdeksankerroksiseen vaikuttaa talon asuinneliömetriin hankintahintaan pienentävästi 7,7%. Pitkäsen tutkimuksen mukaan hankintahinta pienenee noin 2% ja Rakli:n tekemän tutkimuksen mukaan 7,4%. Rakli:n tutkimustulos on saatu kolmen eri pistetalon mallipohjan avulla ja tutkimus vastaa läheisesti tämän tutkimuksen tulosta. Pitkäsen tutkimustulos eroaa huomattavasti tästä tuloksesta. Eron voi aiheuttaa laskentatavan lisäksi muun muassa se, että tutkimuksessa vertailutalona on 3-lamellinen talo pistetalon sijaan. Rakli:n tutkimuksessa on myös tutkittu yli kahdeksankerroksisen, vastaavalla pohjalla toteutettavan talon kustannuksia ja huomattu, että kustannukset tekevät suuren nousun siirryttäessä kahdeksankerroksisen talon toteutuksesta yhdeksäkerroksisen talon toteutukseen kiristyneiden palomääräysten myötä nousseiden yksikkörakennuskustannusten ja pidentyneen rakennusajan johdosta. Tämän myötä yli kahdeksankerroksisen talon rakentamisessa asuinpinta-ala ei enää suhteessa kasva nopeammin kuin kokonaisrakennuskustannukset.

Asuntojen keskipinta-alojen vaikutusta rakennuskustannuksiin on tutkittu esimerkiksi Vihisen (2017) opinnäytetyössä ja Pitkäsen (2009) tutkimuksessa. Molemmissa tutkimuksissa saatiin tulokseksi, että asuntojen keskipinta-alan kasvattaminen pienentää pääsääntöisesti rakentamisen kustannuksia. Tämän tutkimuksen tuloksena saatiin, että asuntojen keskipinta-alan kasvattaminen noin 54 neliömetristä 62 neliömetriin kasvattaa asuineliömetrin hankintahintaa 28€/asm<sup>2</sup>. Vihisen tutkimuksen mukaan asuntojen keskipinta-alan kasvattaminen 50 neliömetristä 60 neliömetriin pienentää rakentamisen kustannuksia 25€/asm<sup>2</sup>, jonka voidaan sanoa vastaavan tämän tutkimuksen avulla saatua tulosta varsin täsmällisesti. Vihisen tutkimuksessa hyödynnettiin 19 asuinkerrostalo-kohteen kustannustietoja. Pitkäsen tutkimuksessa asuntojen keskipinta-alan kasvaessa 46 neliömetristä 54 neliömetriin (lukuarvot, joita tässä tutkimuksessa käytettiin) asuineliömetrin hankintahintainen kustannus laskee jopa 5,5%. Kyseinen prosentuaalinen määrä on tässä tutkimuksessa saatuun tulokseen (1,2%) verrattaessa paljon suurempi, jonka selittää esimerkiksi se, että Pitkäsen tutkimus perustuu 3-lamelliseen ja 5-kerroksiseen taloon, jossa on asuinpinta-alaa yhteensä yli kaksinkertaisesti. Tämän myötä myös asuineliömetrikohtainen hankintahinta kasvaa suhteessa enemmän, kuin tämän tutkimuksen tapauksessa.

Ilmanvaihtojärjestelmien vaikutusta asuinrakennuksen kustannuksiin on vertailtu esimerkiksi Pitkäsen (2009) tekemässä tutkimuksessa sekä Takalan (2010) opinnäytetyössä. Takalan työssä tutkittiin 5-kerroksisen 36 asuntoa sisältävän asuinkerrostalon toteuttamista keskitetyllä tai huoneistokohtaisella ilmanvaihtojärjestelmällä, joka vastaa piirteiltään tämän tutkimuksen konseptitaloa hyvin täsmällisesti. Takalan tutkimuksen perusteella, keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä on kustannuksiltaan 9% edullisempi kuin vastaavasti huoneistokohtaisesti toteutettu järjestelmä. Tämän tutkimuksen vastaavia järjestelmiä vertailtaessa saatiin tulokseksi, että keskitetty vaihtoehto on 10% edullisempi kyseisessä konseptitalossa, kuin huoneistokohtaisesti toteutettu järjestelmä. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että Takalan tutkimus vastaa läheisesti tämän tutkimuksen tulosta. Havaintoa tukee myös se, että tutkimusten kohdetalot olivat laajuudeltaan toisiaan vastaavia. Pitkäsen tutkimuksessa huoneistokohtainen järjestelmä on kustannuksiltaan miltei keskitettyä järjestelmää vastaava, sillä asuineliömetrin hankintahintainen kustannusero järjestelmien välillä oli huoneistokohtaisen järjestelmän eduksi kyseisessä tutkimuksessa 0,4%, kun se tässä tutkimuksessa oli keskitetyn järjestelmän eduksi 1,35%. Tutkimusten väliseen kustannuseroon voivat vaikuttaa useat seikat, joista suurimpana se, että Pitkäsen tutkimuksessa vertailun kohteena oli 3-lamellinen talo pistetalon sijaan, joka nostaa keskitetyn ratkaisun kustannuksia verrattaessa huoneistokohtaiseen toteutukseen.

Lämmitysjärjestelmien vaikutusta asuinrakennuksen kustannuksiin on vertailtu esimerkiksi Mattilan (2015) ja Heikkilän (2016) opinnäytetöissä. Mattilan työssä tutkittiin patteri- ja lattialämmitykseen perustuvien ratkaisujen kustannuseroja seitsemänkerroksisessa asuinkerrostalossa. Tutkimuksen mukaan lattialämmitysjärjestelmä tulisi 2,3% edullisemmaksi, kuin patterilämmitteinen ratkaisu, joka tukee tämän tutkimuksen tulosta, jonka mukaan konseptitalossa lattialämmitteinen järjestelmä on 2,1% edullisempi ratkaisu. Heikkilän opinnäytetyössä tutkittiin kyseisten ratkaisujen elinkaarikustannuksia 8-kerroksisessa asuinrakennuksessa. Työn mukaan lattialämmitysjärjestelmän investointikustannukset ovat noin 30% suuremmat kuin patterilämmitysjärjestelmän. Heikkilän ja tämän työn kustannuserojen eroavaisuuteen saattaa löytyä syy siitä, että Heikkilä on käyttänyt tutkimuksessaan kuluttajahintoja, kun taas tässä tutkimuksessa hinnoittelun perustana on yksittäisen LVI-urakoitsijan laskelmat konseptitalon järjestelmille, joilla he itse tarjoaisivat työtä toteutettavaksi. Heikkilä toteaa myös itse, että urakkahintojen käyttämi-

nen kuluttajahintojen sijaan, saattaa vaikuttaa ratkaisevasti kustannuslaskelmiin. Yhteenvedossa Heikkilä kuitenkin toteaa, että järjestelmien elinkaarikustannuksien ero on pieni, jonka myötä lattialämmitysjärjestelmää voidaan suositella toteutettavaksi patterilämmityksen sijaan. Tämän tutkimuksen lämmitysjärjestelmävertailun luotettavuutta kuitenkin pienentää se fakta, että lämmitysjärjestelmäkustannusten laskenta perustuu yksittäisen LVI-urakoitsijan laskelmiin ja järjestelmäkuvaukseen, eikä siten laaja-alaista otantaa järjestelmien vertailussa pystytä tässä tutkimuksessa tarjoamaan.

Aikaisempien tutkimusten voidaan siis sanoa lähtökohtaisesti tukevan tämän työn tutkimustuloksia koskien kustannustehokkaan konseptitalon tulevaisuuden toteutusta. Rakenneratkaisujen kustannusten eroavaisuudet tämän ja aikaisemmin suoritettujen tutkimuksien välillä ovat suuruusluokaltaan sen kokoisia, että erot voidaan sanoa syntyvän lasketavien kohteiden ja laskentatapojen eroavaisuudesta.

## **4.2 Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelu**

Tämä tutkimus perustui teoriaosaltaan kirjallisuus- ja tutkimustarkasteluihin, jonka myötä voidaan teoriaosuuden sisällön sanoa perustuvan laajalti olemassa olevaan tietoon asuinrakennusten kustannustehokkuutta tukevista toimista. Teoriaosuuden laadinnassa käytettiin lähdekohtaista kritiikkiä ja lähdemateriaalina käytetty aineisto valikoitui käytettäväksi aina tapauskohtaisesti lähteen alkuperän ja tutkimuslähteiden luotettavuusarvion perusteella.

Tapaustutkimus, eli työn empiirinen osuus pohjautui laajalta osalta kohdeyrityksen kustannuslaskentatietoihin, joka perustuu vuosikymmenien kokemukseen rakennusalan laskennasta sekä tuoreimpiin hintatietoihin, joilla asuinrakennusten urakoita on valmistunut tai saatu toteutettavaksi. Työn empiirinen osuus perustui myös tehtyihin haastatteluihin, joissa alalla toimivien yritysten ammattilaisilta on kysytty suunnitteluratkaisukohtaisia kysymyksiä. Haastatteluissa ja tarjouskyselyissä ilmenneet asiat koskien ratkaisujen toteutusta ja kustannustietoja perustuvat kuitenkin vain yksilöiden ja yksittäisten yritysten antamiin tietoihin, joten laaja-alaista, koko rakennusalaan kattavaa otantaa ei haastatteluiden osalta pystytä tässä tutkimuksessa antamaan.

Haastateltavat ja esimerkiksi projektipäivissä mukana olleet henkilöt kuitenkin kuuluvat Suomessa rakennusosalalla aktiivisesti toimiviin ammattilaisiin, joiden kokemusta alasta, rakennejärjestelmistä sekä niiden toiminnasta ei voida vähätellä. Tämä kuitenkin tarkoittaa tutkimuksen tuloksen osalta sitä, että tuloksia ei voida käyttää suoraan yleistyksenä alan asuinrakennustuotannosta. Työn empiirinen osuus toteutettiin tapaustutkimuksena, joka myös osaltaan aiheuttaa sen, että kustannus- ja järjestelmätiedot on luotu koskemaan tapaustutkimuksen Max koti- kerrostalokonseptia, eikä tuloksia voida suoraan yleistää koko rakennusalaan koskeviksi. On myös huomattavaa, että konseptitalon kustannusten määrittäminen perustui arkkitehtipohjaisiin piirustuksiin, jonka myötä määrälaskennassa ja kustannusten määrittämisessä on jouduttu suorittamaan rakenteiden yleistämistä. Mikäli käytössä olisi ollut talon lopulliset rakennepiirustukset, olisi kustannusten tarkkuus parantunut ja ollut täsmällisempi.

Verrattaessa empiirisen tutkimuksen tuloksia aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin, jota käsiteltiin luvussa 4.2, voidaan tutkimuksen lopullisen tuloksen sanoa olevan varsin luotettava. Myös kohdeyrityksen konseptitalon suunnittelussa ja alkutoteutuksessa olevien henkilöiden tiedossa on ollut, että suunnitteluratkaisuiden kustannustehokkuuden tulok-

set tulevat olemaan tämän tutkimuksen mukaisia, mutta täsmällistä tietoa ratkaisujen kustannuseroista ei konseptitalon sisällä ole pystytty määrittämään ennen tämän tutkimuksen tulosten julkistamista.

### 4.3 Toimenpide-ehdotukset

Tutkimuksessa suoritettu konseptitalon tavoitearvioon perustuva suunnitteluratkaisujen kustannus- ja toteutusvertailu antaa konseptitalon toteutukseen tietoa kustannustehokkaimmista ratkaisuista. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan selkeästi erottaa vertailujen ratkaisujen kustannustehokkaimmat vaihtoehdot, joita käyttämällä konseptitalo kannattaa lähtökohtaisesti kohdeyrityksen toimesta toteuttaa. Tutkimuksen myötä saatuja tuloksia voidaan myös hyödyntää rakennusalan muissa asuinrakentamisen sovellutuksissa, jotka perustuvat tätä tapaustutkimusta vastaaviin rakenteisiin ja niin kutsuttuun tavanomaisen kerrostalorakentamiseen Suomessa.

Selkeimpinä toimenpide-ehdotuksina suunnitteluratkaisujen valinnasta voidaan esittää välipohjan toteutukseen sekä kerrosmäärän suuruuteen. Välipohja kannattaa tutkimuksen mukaan toteuttaa ontelolaitoin ja kerrosmäärä kasvattaa 5-kerroksisesta 8-kerroksiseen. Kerrosmäärään vaikuttaa kuitenkin ratkaisevasti se, mille alueelle konseptitalo tullaan rakentamaan ja mitä kaavamääräyksissä todetaan kerrosmäärän suhteen. Kuitenkin tutkimus osoittaa, että mitä enemmän kerroksia 5-kerroksiseen taloon lisätään, sen kustannustehokkaammaksi toteuttaminen asuineliömetriä kohden tulee, ainakin 8-kerroksiseen taloon saakka.

Tutkimuksen kustannusvertailussa, suuria kustannuseroja aiheutti myös valittu julkisivumateriaali. Kustannustehokkain ratkaisu julkisivurakenteeksi on teräsbetoni-sandwichelementein toteutettu julkisivu, joista tutkimuksessa vertailussa oli valkobetoninen vaihtoehto, jonka voidaan sanoa edustavan teräsbetonisandwich-julkisivuvaihtoehtojen kustannusten keskiarvoa. Tämän tutkimuksen perusteella ehdotetaan konseptitalon julkisivurakenteeksi sandwichelementein toteutettavaa vaihtoehtoa. Julkisivun valinnassa ratkaisevaa on myös kuitenkin kaavalliset määräykset, johon vaikuttaa rakentamisen sijainti. Parvekevaihtoehtoja vertailtaessa tutkimuksessa huomattiin, että kolme erityyppistä parvekeratkaisua ovat miltei saman hintaisia, joka luo selkeää kustannustehokkuutta alueellisiin kaavamääräyksiin sopeutuessa. Edullisin ratkaisu parvekkeiden toteutukseen on kuitenkin pieli-pilari-ratkaisulla toteutettavat parvekkeet, jotka konseptitalossa myös antavat suurimman asumisarvon asukkaille niiden suuren koon takia.

Tutkimuksessa selvitetyn pohjaratkaisun muutoksen kustannusvertailun perusteella, voidaan sanoa, että asuntokoon kasvaessa asuineliömäärän hankintahinta pienenee, joskin ei ratkaisevasti siihen verrattaessa, paljonko sillä voidaan asuntojen myytävyyteen vaikuttaa. Tämän myötä työn toimenpide-ehdotuksissa ei esitetä, että asuntojen keskipinta-alaa kasvatettaisiin, vaan asiasta tulee rakentamiskohdekohtaisesti suorittaa selvitys. Pohjaratkaisun muutos taas osaltaan tarkoittaa konseptitalon monistettavuuden huonontumista kohteesta toiseen, jonka myötä menetetään osa konseptitalon peruseriaatteen luomista, monistettavuuden hyödyistä. Konseptitalo ehdotetaan toteutettavan keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä sen avulla saavutettavien kustannusetujen ja käytännön hyötyjen perusteella. Lämmitysjärjestelmäksi talossa ehdotetaan lattialämmitysratkaisua, sillä se lisää asumismukavuutta ja kustannusero ratkaisujen välillä on pieni.



Konseptitalon yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa tulee hyödyntää aktiivista suunnittelunohjausta, jonka myötä suunnitteluratkaisut valitaan kustannustehokkuutta ja tämän tutkimuksen tuloksia hyödyntäen. Suunnittelutyö tulee olla avointa ja kaikkiin suuntiin liikkuvaa ja suunnittelutiimin tulee ymmärtää se, että konseptitalon toteutuksessa ajetaan takaa kustannustehokkuutta ja lisäarvon luomista sen käyttäjille, uusia innovaatioita kaihdamatta.

Konseptirakentamisessa oleellisena asiana on tiedon jakaminen ja sen välittyminen tehokkaasti osapuolelta toiselle. Kohdeyrityksen tulisi kiinnittää erityistä huomiota siihen, kuinka luoda selkeä palautekanava konseptitalosta ja kuinka palaute ohjataan oikeaan paikkaan. Tiedonjakamiseen voitaisiin esimerkiksi luoda vaivaton ja itsestään tietoa kokoava kanava, jonka käyttö konseptiprojektin eri osapuolille olisi mahdollisimman selkeää ja helppoa. Konseptiin tulisi myös vakioda palaverikäytäntö jokaiseen työvaiheeseen, joka tukisi niin palautteenantoa kuin kaikkia projektin osapuolia. Osaltaan vakioitu ja selkeä palaverikäytäntö tukee rakentamisen läpinäkyvyyttä, joka on yksi Lean-rakentamisen perusajatuksista.

Lean-rakentaminen perustuu kaiken hukan minimointiin projektin toteutuksessa. Konseptitaloprojektin toteutuksessa, olisi hyödyllistä ottaa Lean-rakentamisen keinot laaja-alaisesti käytäntöön, jolla tuetaan konseptitalon rakentamisen kustannustehokkuutta. Lean-ideologiaa voidaan toteuttaa esimerkiksi konseptitalon rakennusvaihe aikataulun suunnittelemisella urakoitsijoiden avulla takaperin, jolla luodaan edellytykset tehokkaan aikataulun luomiselle, johon urakoitsijat itse sitoutetaan. Myös aikataulun toteutumista tulee päiväkohtaisesti seurata, tehdä ohjaustoimia ja luoda standardoitu kokous- ja palaverikäytäntö, jolla luodaan jatkuvan parantamisen ilmapiiriä. Myös laadunvarmistustoimet tulee olla selkeät ja johdonmukaiset, jotta laatu ja turvallisuus varmistetaan talon rakentuessa. Konseptitalon urakoitsijat tulee sitouttaa yhteiseen työhön, motivoida ja pitää toimet läpinäkyvinä. Edellä mainitut toimet saattavat tuntua itsestäänselvyyksiltä rakennusalalla toimijoille. Jotta saavutettaisiin mahdollisimman vähän hukkaa sisältävä projekti, vaaditaan kaikilta osapuolilta kuitenkin laajaa yhteistyötä, jonka varmistamiseen on kiinnitettävä erityishuomiota. Yhteistyön toteutumiseen pystytään tehokkaasti vaikuttamaan standardoitujen, valvottujen ja sitouttavien toimien avulla, joita kyseisen konseptitalon rakentamisessa myös tulee peräänkuuluttaa.

Konseptitalon markkinointiin on syytä kehittää strategia, joilla vahvasti tuotteistetun tuotteen hyödyt saadaan parhaiten esille. Markkinoinnin keskipisteessä tulee olla konseptin toiminnallisuus ja kustannustehokkuus, joilla luodaan markkinoille kuva uudesta, asuntomarkkinaa erilaistavasta asumiskonseptistä, joilla erottaudutaan kilpailijoista. Konseptin markkinointi tulee olla selkeää ja helposti ymmärrettävissä - mitä konseptilla tarjotaan ja millä kustannuksilla. Markkinoiden odotuksiin voidaan vahvasti vaikuttaa esittelemällä tuote mainonnassa ja lehdistössä, jolloin mukautuminen konseptitaloon alkaa jo varhaisessa vaiheessa ja täten pehmennetään markkinoita uudelle ratkaisulle sekä vaikutetaan kuluttajien odotuksiin.

Kyseisen konseptin sisällä, esivalmistusta hyödynnetään lähinnä rakenneosien esivalmistuksella, mutta kohdeyrityksen tulisi tulevaisuudessa miettiä konseptin kehittämistä yhä enemmän esivalmistusta hyödyntäviin ratkaisuihin, joilla on todistettavasti saavutettu suuria kustannusetuja rakentamisessa. Konseptin kehittäminen esimerkiksi osamoduulien avulla on varteen otettava vaihtoehto tämän konseptin sisällä. Esimerkiksi useita työvaiheita ja tekniikkaa sisältävien rakennusosien, kuten pesuhuoneiden ja keittiöiden toteut-

tamista osamoduulien avulla on syytä tulevaisuudessa miettiä. Tämän avulla vähennettäisiin työtä työmaaolosuhteissa, jolloin rakennusaika lyhenee ja lähtökohtaisesti laadun parantamiselle luodaan paremmat olosuhteet. Konseptin perustaminen kokonaisuudessaan modulaariselle rakentamiselle ei varmasti kyseisen konseptin sisällä tule kysymykseen modulaarisuuden vaatiman mitoituksen takia, mutta tulevaisuudessa kohdeyrityksen tulee pyrkiä tarjoamaan markkinoille tähän tuotantotekniikkaan perustuvaan konseptitalorakentamista sen avulla saavutettavien tuotantohyötyjen takia.

Kaiken kaikkiaan konseptitalon jatkokehitys on kustannustehokkaan lopputuotteen luomiselle tärkeää ja sen ensitoteutuksessa on otettava huomioon yhteistyön tärkeys, projektin läpinäkyvyys, suunnitelmallisuus sekä informaation keräys. Luvun lopuksi esitetään vielä yhteenveto tutkimuksen toimenpide-ehdotuksista:

- Tutkimuksen tulosten hyödyntäminen konseptin jatkokehityksessä, suunnittelunohjauksen tärkeys, konseptin lopputuotteen arvonlisääminen.
- Standardoitujen käytäntöjen luominen, kokouskäytännöt, tiedonkeruu, palautteenanto.
- Jatkuvan parantamisen ja hukan minimoimisen kulttuurin luominen konseptitalon tuotantoon.
- Markkinointistrategian luominen vahvasti tuotteistetulle konseptille.
- Konseptin kehittäminen käyttämään esivalmistettuja rakennusosia, uuden konseptitalon suunnitteleminen modulaarista rakentamista hyödyntäväksi.

#### **4.4 Johtopäätökset**

Konseptirakentaminen asuinrakennushankkeissa tukee osaltaan kustannustehokasta rakentamista. Konseptirakentamisessa pyritään luomaan asukkaille lisäarvoa suunnittelemalla talot ja asunnot toimiviksi kompakteiksi kokonaisuuksiksi. Asuinrakentamisen konseptitalot ovat tuotteita, joiden suunnitelmat perustuvat laajaan monistettavuuteen ja tuotannossa oppimiseen, joka luo perustan talojen kustannustehokkaaseen toteuttamiseen. Konseptien tuotesuunnittelussa luodaan massaräätälöityjä vaihtoehtoja, joilla ostaja pystyy vaikuttamaan ostettavana olevan asunnon ominaisuuksiin ja tilaratkaisuihin, joilla pyritään luomaan lisäarvoa asukkaalle ja lisäämään kuluttajien kiinnostusta konseptitalon asuntoja kohtaan.

Useat rakennusliikkeet ovat tuoneet markkinoille asuinrakentamisen konsepteja, joissa on jokaisessa omat yksilölliset piirteensä. Usean markkinoilla olevan konseptitalon on sanottu olevan osaltaan raakileita, joissa keskitytään vain tiettyihin kustannustehokkuutta tukeviin seikkoihin eikä nähdä taloa osana kokonaisuutta, jolla pyritään luomaan asukkaille lisäarvoa asumiseen. Tässä on nähtävissä yksi konseptirakentamisen haasteista, sillä asuntojen on pyrittävä luomaan mahdollisimman suuri arvo asukkaalle, kuitenkin kustannustehokkuutta vaalien. Konseptirakentamiselle on kuitenkin tilaa asuinmarkkinoilla, ja pitkälle viedyn tuotesuunnittelun avulla pystytään saavuttamaan lisäarvoa tuotavia ja kustannustehokkaita ratkaisuja, joilla kehitetään asuinmarkkinoita ja erotetaan kilpailijoista markkinoilla.

Konseptirakentamisessa voidaan laajalti hyödyntää kustannustehokkuutta tukevia toimia, joista teollisia rakennusprosesseja ja moduulirakentamista voidaan tehokkaasti hyödyntää konseptien ollessa rakenteiltaan monistettavia. Moduulirakenteiden käyttäminen konseptien rakentamisessa luo suuren kustannuseron verrattaessa tavanomaisiin asuinrakennuksiin, joiden suunnitelmat ovat yleisesti kohdekohtaiset. Konseptitalojen suunnitelmat ja

rakenteet on luotu palvelemaan useiden eri projektien toteutuksia, jonka myötä myös konseptissa mahdollisesti käytettävää moduulista tuotantoa voidaan toteuttaa monistettavuuden keinoin. Myös Lean-rakentamisen jatkuvan parantamisen ja oppimisen ideologia sopii erityisesti konseptitalojen toteutukseen, jossa projektista seuraavaan käytetään samaa talomallia ja jatkuvalle parantamiselle on suotuisat olosuhteet toteutua.

Osana konseptirakentamista on huolellinen tuotesuunnittelu, jonka avulla luodaan vahvasti tuotteistettu lopputuote. Osana tuotesuunnittelun prosessia on määritettävä mitkä suunnitteluratkaisut tukevat konseptin kustannustehokkuutta ja mitkä rakennusosat kaipaavat erityistä suunnittelunohjausta. Tämän tutkimuksen tuloksen myötä voidaan todeta, että konseptin sisäisten suunnitteluratkaisujen valinnalla pystytään luomaan kustannustehokkuutta, joka tukee konseptirakentamisen päämäärää tuottaa kustannustehokkaasti toimivia asumisen kokonaisuuksia, jotka tuottavat käyttäjilleen lisäarvoa.

Asuinrakennuskonseptien suunnittelun alkaessa, tulee olla selkeä visio siitä, mitä konseptin pääpiirteisiin kuuluu ja miten konseptista luodaan toimiva kokonaisuus. Mikäli konseptia halutaan kehittää, tulee pohtia, voidaanko kyseiset kehittämisen toimenpiteet suorittaa jo olemassa olevaan konseptiin, vai tuleeko toimenpiteiden perusteella luoda kokonaan uusi oma konsepti. Muutoksien tekeminen olemassa olevaan konseptiin on tarkoituksenmukaista, mikäli ne tukevat konseptin perusratkaisua tai ovat perusteltuja kustannustehokkuuden parantamisen keinoina. Olemassa olevan konseptin radikaali muuttaminen voi olla kuitenkin epäedullista ja on järkevämpää kehittää uusi konsepti esimerkiksi tilanteessa, jossa talon halutaan hyödyntävän moduulirakenteita.

Konseptirakentamisella voidaan siis saavuttaa useita hyötyjä asuinrakentamisessa ja se luo mahdollisuuden uusien innovaatioiden syntymiselle asuinmarkkinoilla. Rakentamisen kehittäminen vaatii laajaa ja läpinäkyvää yhteistyötä eri osapuolten välillä, jotta saadaan aikaan muutos, jolla toimintaa tehostetaan ja alennetaan rakentamisesta syntyviä kustannuksia.

## Lähdeluettelo

Aalto, T. 2015. Betonivälipohjan tuotanto- ja taloudellisuusvertailu: Ontelolaatta vs. paikallavaluholvi. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka. [Viitattu 22.2.2018]. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/96352>.

Alarcon, F. Diethelm, S. Rojo, O. Calderon, R. 2008. Assessing the impact of implementing lean construction. [Viitattu 21.2.2018]. Saatavissa: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v23n1/art03.pdf>.

Bisgaard, T. Hogenhaven, C. 2017. Creating new concepts, products and services with user driven innovation. Nordic Innovation Centre. [Viitattu 20.11.2017]. Saatavilla: <http://nordicinnovation.org/Publications/creating-new-concepts-products-and-services-with-user-driven-innovation/>

Bougrain, F. Forman, M. Haugbolle, K. 2010. Industrialisation in construction: Multiple actors, multiple collaboration strategies. Aalborg University, Denmark. [Viitattu 16.11.2017]. Saatavissa: <https://www.vbn.aau.dk/files/33073004/583.pdf>

Cunningham, T. 2013. Factors Affecting The Cost of Building Work – An Overview. Dublin Institute of Technology. [Viitattu 8.1.2017]. Saatavissa: <https://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1028&context=beschreoth>

Dave, B. Appleby, C. 2015. Striving for continuous process improvement – A construction case study. Aalto University, Helsinki. [Viitattu 16.11.2017]. Saatavissa: <https://aaltoodoc.aalto.fi/handle/123456789/15252>

Elementtisuunnittelu.fi, internetsivut. [Viitattu 29.11.2017]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>

Elementtisuunnittelu.fi, internetsivut. [Viitattu 25.1.2018]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>

Furbay, S. 2017. Modular Construction: An Evolution in the Development of Modern Hotels. [Viitattu 30.11.2017]. Saatavissa: [https://www.hotel-online.com/press\\_releases/release/modular-construction-an-evolution-in-the-development-of-modern-hotels](https://www.hotel-online.com/press_releases/release/modular-construction-an-evolution-in-the-development-of-modern-hotels)

Goh, E. Loosemore, M. 2017. The impacts of industrialization on construction subcontractors: a resource based view. Construction Management and Economics. [Viitattu 28.11.2017]. Saatavissa: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01446193.2016.1253856?needAccess=true>

Heikkilä, J. 2016. Vesikiertoisen lattialämmityksen ja perinteisen patterilämmityksen elinkaarikustannuksien vertailu asuinkerrostalossa. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [Viitattu 1.3.2018]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/251/browse?value=Heikkil%C3%A4%2C+Jesper&type=author>.

Heikkilä, T. 2016. Kustannustehokkuus aluerakentamisessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. [Viitattu 21.2.2018]. Saatavissa: <https://core.ac.uk/download/pdf/61413694.pdf>.

- Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto. 2017. Helsingin kaupungin rakennusjärjestys. [Viitattu 15.1.2017]. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/rakvv/Rakennusjarjestys.pdf>
- Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto. 2012. Väestönsuojan rakentamisvelvollisuus. [Viitattu 1.2.2018]. Saatavissa: [https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Vaestonsuoja\\_liitteineen\\_2012.pdf](https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Vaestonsuoja_liitteineen_2012.pdf).
- Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto. 2015. Yhteistilojen toteuttaminen asuinrakennushankkeissa. [Viitattu 2.2.2018]. Saatavissa: [https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Yhteistilat\\_kerrostaloissa.pdf](https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Yhteistilat_kerrostaloissa.pdf).
- Hietamäki, J. 2014. Betonirakenteisen välipohjan tuotantotapavertailu. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka. [Viitattu 22.2.2018]. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71877/Hietamaki\\_Juhana.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71877/Hietamaki_Juhana.pdf?sequence=1).
- Howell, G. 1999. What Is Lean Construction. [Viitattu 7.12.2017]. Saatavissa: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=B6AEB1AEDF0E7175E7C49477CCCEA07E?doi=10.1.1.22.2482&rep=rep1&type=pdf>.
- Huseyin, E. Dikmen, I, Birgonul M. 2017. Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: A simulation-based study on residential buildings. [Viitattu 8.12.2017]. Saatavissa: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/13923730.2015.1068846>
- Höök, M. Stehn, L. 2008. Applicability of lean principles and practices in industrialized housing production. [Viitattu 11.12.2017]. Saatavissa: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446190802422179>.
- Koivu, T. 2002. Toimintamalli rakennusprosessin parantamiseksi. VTT Publications 475. 174 s. ISBN 951-38-6007-8
- Kankainen, J. Junnonen, J. 2013. Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy, Vantaa. 101s. ISBN 978-951-682-631-1
- Kamk, internetsivut. [Viitattu 21.11.2017]. Saatavissa: <https://www.kamk.fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Tuotteistaminen/Tuotteistaminen>
- Keinonen, T. Jääskö, V. 2003. Tuotekonseptointi. Teknologiateollisuus ry, Helsinki. 197 s. ISBN 951-817-832-1
- Koskela, L. 2000. An exploration towards a production theory and its application to construction. VTT Publications. [Viitattu 7.12.2017]. Saatavissa: <https://aalto-doc.aalto.fi/handle/123456789/2150>.
- Laitila, T. 2016. Kohtuuhintaisen asuntotuotannon kustannusohjaus suunnittelun ohjauksessa. Aalto yliopisto. Diplomityö. [Viitattu 21.2.2018]. Saatavissa: <https://aalto-doc.aalto.fi/handle/123456789/23944>

Lapwall, internetsivut. [Viitattu 23.11.2017]. Saatavissa: <https://www.lapwall.fi/tuotteet/leko-bath>

Lawson, M. Asce, M. Ogden, R. Bergin, R. 2012. Application of Modular Construction in High-Rise Buildings. [Viitattu 30.11.2017]. Saatavissa: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29AE.1943-5568.0000057>

Laukkanen, M. 2013. Teollinen puurakentaminen avain rakentamisen kehittämiseen. [Viitattu 29.11.2017]. Saatavissa: [http://www.kouvola.fi/material/attachments/elinkeinotoimi/6FyAO1Di4/Forum\\_juttu\\_teollinen\\_puurakentaminen\\_PRESS.pdf](http://www.kouvola.fi/material/attachments/elinkeinotoimi/6FyAO1Di4/Forum_juttu_teollinen_puurakentaminen_PRESS.pdf).

LEI, internetsivut. [Viitattu 7.12.2017]. Saatavissa: <https://www.lean.org/Whats-Lean/>

Lättilä, H. 2017. Lakea julkisti puuta ja betonia yhdistävän kerrostalokonseptin – tarkoitus säästää kustannuksia. Rakennuslehti, verkkojulkaisu 16.6.2017. [Viitattu 1.12.2017]. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/06/lakea-julkisti-puuta-ja-betonia-yhdistavan-kerrostalokonseptin-tarkoitus-saastaa-kustannuksia/>

Martinkauppi, K. 2009. Rakentamisen normitalkoot - turhat kustannukset kuriin. Ympäristöministeriön raportteja 10. [Viitattu 9.11.2017]. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/41362>

Mattila, M. 2015. Patterilämmityksen ja lattialämmityksen kustannusvertailu uudiskohteissa. Lapin ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [Viitattu 1.3.2018]. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88257/Mattila\\_Marjo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88257/Mattila_Marjo.pdf?sequence=1).

Merikallio, L. Haapasalo, H. 2009. Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämis-kohteet kiinteistö- ja rakennusalalla. Espoo, Rakennusteollisuus ja LCI-Finland [Viitattu 11.12.2017]. Saatavissa: [http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20\(2009\)%20Projektituotanto%20C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6%20ja%20rakennusalalla.pdf](http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20(2009)%20Projektituotanto%20C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6%20ja%20rakennusalalla.pdf).

Miller, T. Elgård, P. 1998. Defining Modules, Modularity and Modularization. [Viitattu 30.11.2017]. Saatavissa: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.868&rep=rep1&type=pdf>.

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betoni-keskus Ry. ISBN: 978-952-267-104-2

Modular Building Institute. 2010. Improving Construction Efficiency & Productivity with Modular Construction. [Viitattu 30.11.2017]. Saatavissa: [https://www.modular.org/marketing/documents/Whitepaper\\_ImprovingConstructionEfficiency.pdf](https://www.modular.org/marketing/documents/Whitepaper_ImprovingConstructionEfficiency.pdf).

MRL. 2000. Maankäyttö- ja rakennuslaki. [Viitattu 8.11.2017]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/1999/19990132>

Munstermann, B. Weitzel, T. 2008. What Is Process Standardization? International Conference on Information Resources Management. [Viitattu 16.11.2017]. Saatavissa: <http://aisel.aisnet.org/confirm2008/64/>

Mölsä, S. 2017. Asuntoja haluttaisiin tehdä konseptoidusti ja edullisesti kuin autoja. Rakennuslehti, verkkojulkaisu. 11.4.2017. [Viitattu 20.11.2017]. Saatavilla: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/04/asuntoja-haluttaisiin-tehdä-konseptoidusti-ja-edullisesti-kuin-autoja/>

Mölsä, S. 2017. Rakennusliikkeiden uudet konseptit yksiöistä ovat vielä raakileita. Rakennuslehti, verkkojulkaisu. 6.4.2017. [Viitattu 22.11.2017]. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/04/rakennusliikkeiden-uudet-konseptit-yksioista-ovat-viela-raakileita/>

Mölsä, S. 2017. Rakentaminen kallistui 5-7 prosenttia – Suhdanteiden vilkkaus yllätti rakentajat taas kerran. Rakennuslehti, verkkojulkaisu. 17.2.2017. [Viitattu 28.11.2017]. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/02/rakentaminen-kallistui-5-7-prosenttia-suhdanteiden-vilkkaus-yllatti-rakentajat-taas-kerran/>

Pakkala, T. Lahdensivu, J. Köliö, A. 2016. Kerrostalon eri julkisivuvaihtoehtojen elinkaaritarkastelu. Tampereen teknillinen yliopisto. [Viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: [http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/03/BET1701\\_76-81.pdf](http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/03/BET1701_76-81.pdf).

Parantainen, J. 2007. Tuotteistaminen – Rakenna palvelusta tuote 10 päivässä. Talentum Media Oy. 290s. ISBN 978-952-14-1219-6

Parma, internetsivut. 2018. [Viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: <http://www.parma.fi/tuotteet/seinaet/julkisivut>

Peltokorpi, A. Olivieri, H. Granja, A. Seppänen, O. 2017. Categorizing modularization strategies to achieve various objectives of building investments. [Viitattu 30.11.2017]. Saatavilla: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01446193.2017.1353119>

Picard, H. 2000. Industrial Construction Efficiency and Productivity. AACE International Transactions. [Viitattu 28.11.2017]. Saatavilla: <http://web.a.ebscohost.com.lib-proxy.aalto.fi/ehost/detail/detail?vid=3&sid=1d3f606a-af36-4171-9236-53b5f4ee2e7c%40ses-sionmgr4007&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=4002670&db=bth>

Pirinen, A. 2015. Asukas ja arvo. Rakennustieto Ry:n julkaisu. [Viitattu 22.11.2017]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150107.pdf>

Pitkänen, J. 2009. Asuinkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkasteluja. Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskus, Talous- ja suunnittelukeskuksen julkaisuja 6/2009. 53 s. ISBN 978-952-223-559-6 [Viitattu 8.11.2018]. Saatavissa: <http://www.ara.fi/download/noname/%7BDA06054F-43ED-49E1-A4A1-4EFD845577C1%7D/112208>

Puuinfo, internetsivut. 2017. [Viitattu 29.11.2017]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/tiedote/tes-menetelm%C3%A4-valmis-kerrostalojen-julkisivukorjauksiin>

Raistakka, N. Kustannustehokkuuden parantaminen konseptirakentamisessa. Aalto Yliopisto. Diplomityö. [Viitattu 21.2.2018]. Saatavissa: [https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/26759/master\\_Raistakka\\_Niina\\_2017.pdf?sequence=1](https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/26759/master_Raistakka_Niina_2017.pdf?sequence=1).

Rakennustieto Oy. RT 10-11226. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus. [Viitattu 11.12.2017].

Rakennustieto Oy. RT 12-11055. 2011. Rakennuksen pinta-alat. [Viitattu 1.12.2017].

Rakentamisen normitalkoot - turhat kustannukset kuriin. Ympäristöministeriön raportteja 10. [Viitattu 9.11.2017]. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/41362>

Rakli Ry. 2015. Selvitys kaavamääräysten kustannusvaikutuksista, [Viitattu 8.11.2017]. Saatavissa: <http://view.24mags.com/mobile/7dbd0ed1f000b8d84ad0e0cc5ec774bb#/page=1>

Saarinen, J. 2007. Betonivälipohjan tuotanto- ja kustannustekijöiden vertailu: Ontelolaatta vai paikallavalu. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.1.2018]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/2074/browse?value=Saari-nen%2C+Juha&type=author>.

Safiki, A. Solikin, M. Sahid, MN. 2015. Cost Implications of Building Design Plans: A Literature Review Analysis. [Viitattu 9.11.2017]. Saatavilla: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/6562>

Salem, O. Solomon, J. Genaidy, A. Minkarah, I. 2006. Lean Construction: From theory to implementation. [Viitattu 8.12.2017]. Saatavissa: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290742-597X%282006%2922%3A4%28168%29>

Sevon, J. Mineraalivilla eristerappauksissa, Julkisivu 2007 seminaari. Julkisivuyhdistys ry. [Viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/images/stories/File/julkisivuseminaari2007/mineraalivilla\\_eristerappauksissa.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/images/stories/File/julkisivuseminaari2007/mineraalivilla_eristerappauksissa.pdf).

Six Sigma, internetsivut. 2017. [Viitattu 7.12.2017]. Saatavissa: <https://www.lean.org/WhatsLean/>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Asunnot ja asuinolot [verkkajulkaisu]. ISSN=1798-6745. yleiskatsaus 2016, 1. Asuntokanta 2016. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu 9.1.2018]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/asas/2016/01/asas\\_2016\\_01\\_2017-10-11\\_kat\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/asas/2016/01/asas_2016_01_2017-10-11_kat_001_fi.html)

Takala, J. 2010. Keskitetyn ja asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän vertailu asuin-kerrostalossa. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/15816>

Upofloor, internetsivut. 2018. [Viitattu 29.1.2018]. Saatavissa: <http://www.upofloor.fi/Resilient/Asennus---Hoito/Asennus/Laminaatit/>



Vihinen R. 2017. Suunnitteluratkaisujen taloudellisuuden arviointi omaperustaisessa asuntotuotannossa. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/24710>

Viita, J. Mäkelä, H. Tyvimaa, T. 2013. Suomalaisten ihanneasunto ja uudisasunnon valintaperusteet. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Rakennustekniikan laitos, Rakennustuotanto ja -talous, Raportti 15. 48s. ISBN 978-952-15-3156-9 [Viitattu 23.11.2017]. Saatavissa: [https://tutcris.tut.fi/portal/fi/publications/suomalaisten-ihanneasunto-ja-uudisasunnon-valintaperusteet\(54066089-f451-4c9d-ac35-274806f28888\).html](https://tutcris.tut.fi/portal/fi/publications/suomalaisten-ihanneasunto-ja-uudisasunnon-valintaperusteet(54066089-f451-4c9d-ac35-274806f28888).html)

Wienerberger, internetsivut. [Viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: <https://wienerberger.fi/ratkaisut/tiilijulkisivu-on-k%C3%A4ytt%C3%A4j%C3%A4lleen-elinkaariedullisin-ratkaisu>

YIT, internetsivut. 2017. [Viitattu 23.11.2017]. Saatavissa: <https://www.yit.fi/asunnot/asunnon-ostajalle/asuntotyypit/smartti>

Ympäristöministeriö. 2017. Asetus rakennusten paloturvallisuudesta. [Viitattu 1.2.2018]. Saatavissa: [www.ym.fi/download/noname/%7B66288BFB-A697-4FCB-B602/134002](http://www.ym.fi/download/noname/%7B66288BFB-A697-4FCB-B602/134002)

### **Haastattelut**

H1. 2018. Laskentapäällikkö. SSR Uusimaa Oy. Koivuvaarankuja 2, 01640 Vantaa. Haastattelu 18.1.2018

H2. 2018. Työmaapäällikkö, työnjohtaja ja työmaainsinööri. SSR Uusimaa Oy. Kiulukuja 7, 01360 Vantaa. Projektipäivä 19.1.2018

H3. 2018 Myyntijohtaja. Lo-Rakenne Oy. Puhelin- ja sähköpostihaastattelu 22.1.2018

H4. 2018 Myyntipäällikkö. Parma Oy. Puhelin- ja sähköpostihaastattelu 22.1.2018

H5. 2018. Laskentapäällikkö. SSR Uusimaa Oy. Koivuvaarankuja 2, 01640 Vantaa. Projektipäivä 23.1.2018

H6. 2018 Commercial Manager. Hi-Con Finland. Puhelin- ja sähköpostihaastattelu 29.1.2018

H7. 2018. Rakennesuunnittelija Insinööritoimisto Gabrielsson & Pietiläinen Oy, Koivuvaarankuja 2, 01640 Vantaa. Haastattelu 31.1.2018

H8. 2018. Laskentapäällikkö SSR Uusimaa Oy. Koivuvaarankuja 2, 01640 Vantaa. Haastattelu 2.2.2018

H9. 2018. Toimitusjohtaja Virel Yhtiöt Oy. Koivuvaarankuja 2, 01640 Vantaa. Haastattelu 13.2.2018

## **Liiteluettelo**

Liite 1. Max koti-kerrostalokonseptin LVI-järjestelmäkuvaukset. 3 sivua.

## **Liite 1. Max koti-kerrostalokonseptin LVI-järjestelmäkuvaukset**

Kerrostalon lähtökohtana on 5-kerroksinen, yksiportainen talomalli, jossa;

Peruskerroksessa (2.-5. krs) on asuntoja

- 2 kpl 4H+KT 69,1 m<sup>2</sup>
- 2 kpl 3H+KT 53,9 m<sup>2</sup>
- 2 kpl 2H+KT 36,5 m<sup>2</sup>
- 2 kpl 1H+KT 28,6 m<sup>2</sup>

Pohjakerroksessa (1. krs) on asuntoja

- 1 kpl 3H+KT 53,9 m<sup>2</sup>
- 1 kpl 2H+KT 36,5 m<sup>2</sup>
- 1 kpl 1H+KT 28,6 m<sup>2</sup>
- Varasto- ja yhteistilat n. 260 m<sup>2</sup>

Perusratkaisussa, johon järjestelmäkuvaus perustuu, välipohjat on toteutettu ontelolautoilla ja lämmöntuotto perustuu kaukolämpöön.

### **1. Vaihtoehto, Lämmitys pattereilla ja IV keskuskoneella**

#### Vesijohdot

Pohjakerroksessa rungot kuparia, nousu porrashuoneen tekniikka kuilussa, joka kerroksen portaan katossa huoneistoihin, läpiviennit (RU), vesimittarit (ei etäluettavat) eteisen katossa, huoneiston vesijohdot KPH ja WC kuparia keittiön PEX alastulo seinän sisässä. KPH ja WC pinnassa kromi kuparia.

#### Viemärit

Pohjaviemärit alapohjassa muovia, nousut elpoissa, elpon alapäähän äänieristys valu (RU). Kerroksen viemärit lattiavaluun muovista.

#### Vesi ja viemärikalusteet

IDO ja Oras normaalimallisia. Tiskiallas (RU)

#### Lämmitys

- Kaukolämpö, LJH paikka pohja kuvasta tarkastettava!
- Lämpörungot pohja kerroksen katossa teräspuutke
- Patterilämmitys noustut ulkoseinillä, läpiviennit (RU)
- Lämmityspatterit ikkunoiden alla C levypattereita
- IV-lämmitys nousu IV-konehuoneeseen portaan tekniikka kuilussa
- KPH vesikiertoinen lattialämmitys, kiinnitys teräsverkkoon
- Lattialämmityksen runkoputkisto, nousu porrashuoneen tekniikka kuilussa, joka kerroksen portaan katossa huoneistoihin, läpiviennit (RU)

#### Ilmanvaihto

- Keskuskoneella tulo / poisto lämmöntalteenotolla, kone ylhäällä konehuoneessa.
- Runko kanavisto katolla josta elpoja pitkin huoneistoihin.
- Kerhohuoneeseen oma LTO kone
- Päätelaitteet normaaleja esim. Fläkt

## **2. Vaihtoehto. Lämmitys lattialämmityksellä ja IV keskuskoneella**

### Vesijohdot

- Pohjakerroksessa rungot kuparia, nousu porrashuoneen tekniikka kuilussa, joka kerroksen portaan katossa huoneistoihin, läpiviennit (RU), vesimittarit (ei etäluettavat) eteisen katossa, huoneiston vesijohdot KPH ja WC kuparia keittiön PEX alastulo seinän sisässä. KPH ja WC pinnassa kromi kuparia.

### Viemärit

- Pohjaviemärit alapohjassa muovia, nousut elpoissa, elpon alapäähän äänieristys valu (RU). Kerroksen viemärit lattiavaluun muovista.

### Vesi ja viemärikalusteet

- IDO ja Oras normaali mallisia. Tiskiallas (RU)

### Lämmitys

- Kaukolämpö, LJH paikka pohja kuvasta tarkastettava!
- Lämpörungot pohja kerroksen katossa teräsputkea
- KPH vesikiertoinen lattialämmitys, kiinnitys teräsverkkoon
- Huoneissa lattialämmitys kiinnitys eristyslevyyn, eristyslevy kuulu lattialämmityksen toimitukseen ja asennukseen.
- Lattialämmityksen runkoputkisto, nousu porrashuoneen tekniikka kuilussa, joka kerroksen portaan katossa huoneistoihin, läpiviennit (RU)

### Ilmanvaihto

- Keskuskoneella tulo / poisto lämmöntalteenotolla, kone ylhäällä konehuoneessa.
- Runko kanavisto katolla josta elpoja pitkin huoneistoihin.
- Kerhohuoneeseen oma LTO kone
- Päätelaitteet normaaleja esim. Fläkt

## **3. Vaihtoehto. Lämmitys pattereilla ja ilmanvaihto huoneistokohtaisilla LTO koneilla**

### Vesijohdot

Pohjakerroksessa rungot kuparia, nousu porrashuoneen tekniikka kuilussa, joka kerroksen portaan katossa huoneistoihin, läpiviennit (RU), vesimittarit (ei etäluettavat) eteisen katossa, huoneiston vesijohdot KPH ja WC kuparia keittiön PEX alastulo seinän sisässä. KPH ja WC pinnassa kromi kuparia.

### Viemärit

- Pohjaviemärit alapohjassa muovia, nousut elpoissa elpon alapäähän äänieristys valu (RU). Kerroksen viemärit lattiavaluun muovista.

### Vesi ja viemärikalusteet

- IDO ja Oras normaali mallisia. Tiskiallas (RU)

### Lämmitys

- Kaukolämpö, LJH paikka pohja kuvasta tarkastettava!
- Lämpörungot pohja kerroksen katossa teräsputkea
- Patterilämmitys noustut ulkoseinillä, läpiviennit (RU)
- Lämmityspatterit ikkunoiden alla C levy pattereita
- IV-lämmitys nousu IV-konehuoneeseen portaan tekniikka kuilussa
- KPH vesikiertoinen lattialämmitys, kiinnitys teräsverkkoon
- Lattialämmityksen runkoputkisto, nousu porrashuoneen tekniikka kuilussa, joka kerroksen portaan katossa huoneistoihin, läpiviennit (RU)

Ilmanvaihto

- Huoneistokohtaiset LTO koneet
- Korvausilma otetaan pohjoispuolen ulkoseinästä
- Jäteilman poisto elpoa pitkin vesikatolle
- Kerhotilaan oma kone
- Yleisistä tiloista pelkkä poisto koneellisesti ja korvausilma seinästä
- Päätelaitteet normaaleja esim. Fläkt